

TUGAS AKHIR

**EVALUASI PERANCANGAN SIMPANG GROGOL DI JALAN
TOL CAWANG – GROGOL JAKARTA**



Disusun oleh :

BASUKI RAKHMAD DAULAY

No.Mhs : 92 310 284
NIRM : 9200510131114120284

KAIDIR

No.Mhs : 92 310 156
NIRM : 9200510131114120156

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA**

1998

TUGAS AKHIR

**EVALUASI PERANCANGAN SIMPANG GROGOL DI JALAN
TOL CAWANG – GROGOL JAKARTA**

*Diajukan Untuk Melengkapi Persyaratan Dalam Rangka
Memperoleh Derajat Sarjana Pada Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Universitas Islam Indonesia*

Disusun oleh :

Nama : Basuki Rakhmad Daulay
No. Mhs : 92 310 284
NIRM : 920051013114120284

Nama : Kaidir
No.Mhs : 92 310 156
NIRM : 920051013114120156

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
1998**

TUGAS AKHIR

**EVALUASI PERANCANGAN SIMPANG GROGOL DI JALAN
TOL CAWANG – GROGOL JAKARTA**

Nama : Basuki Rakhmad Daulay
No. Mhs : 92 310 284
NIRM : 920051013114120284

Nama : Kaidir
No.Mhs : 92 310 156
NIRM : 920051013114120156

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Ir. Sukarno, SU

Dosen Pembimbing I



Tanggal : 8-8-98

Ir. Endang Tantrawati, MT

Dosen Pembimbing II



Tanggal : 8-8-98

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim,

Assalamu'alaikum Wr.Wb.

Puji syukur kami panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah memberi rahmat serta hidayah-Nya sehingga kami dapat menyelesaikan penulisan Tugas akhir ini. Adapun Tugas Akhir ini dilaksanakan sebagai syarat untuk memenuhi jenjang strata satu pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Permasalahan yang kami angkat dalam penulisan Tugas Akhir ini adalah Evaluasi Perancangan Simpang Grogol Di Jalan Tol Cawang – Grogol Jakarta. Dengan segala keterbatasan yang ada, kami berusaha menerapkan apa yang telah kami dapatkan untuk menyelesaikan masalah yang kami hadapi. Penulisan Tugas Akhir ini dilaksanakan pada bulan Januari 1998 – Mei 1998.

Selama melaksanakan Tugas Akhi ini, tentunya kami tidak lepas dari rintangan dan hambatan. Namun demikian berkat bantuan dan dorongan dari berbagai pihak akhirnya kami dapat mengatasi rintangan dan hambatan tersebut. Untuk itu pada kesempatan ini penulis menyampaikan rasa terima kasih kepada :

1. Bapak Ir. Widodo, MSc, Phd, selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
2. Bapak Ir. H. Tadjuddin BMA, MS, selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

3. Bapak Ir. Sukarno, SU, selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir,
4. Ibu Ir. Endang Tantrawati, MT, selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir,
5. Kedua orang tua kami.
6. Semua pihak yang dengan tulus telah membantu dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.

Semoga Allah SWT membalas semua amalnya. Kami berharap Penulisan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak. Amin.

Wassalamu'alaikum Wr.Wb.

Yogyakarta, Mei 1998

Penyusun

4.3.5 Alinyemen Horizontal	87
4.3.6 Alinyemen Vertikal	97
4.3.7 Garis Besar (“Base Line”)	100
4.3.8 Potongan Melintang	100
4.3.9 Hitungan	105
4.4 Kapasitas Jalan dan Perancangan Jumlah Lajur	125
4.4.1 Kapasitas Jalan	125
4.4.2 Penentuan Jumlah Lajur	129
4.5 Pembahasan	132

BAB V PERANCANGAN GEOMETRIK PERSIMPANGAN SEBIDANG

.....	138
5.1 Umum	138
5.2 Elemen Perancangan	139
5.2.1 Kendaraan Rencana	139
5.2.2 Jari-jari Tepi Perkerasan	141
5.2.3 Pemutaran (“U-Turn”)	142
5.2.4 Jarak Pandangan Pada Persimpangan	146
5.2.5 Lebar Perkerasan Pada Belokan	148
5.2.6 Pulau	151
5.2.7 Superelevasi Lengkung Pada Persimpangan	154
5.2.8 Bukaannya Median	156
5.3 Perancangan	159
5.3.1 Jumlah Jalur dan Belokan	159

5.3.2 Jari-jari Tepi Perkerasan Pada Belokan	160
5.3.3 Pemutaran (“U – Turn”)	164
5.3.4 Lebar Perkerasan Pada Belokan	165
5.3.5 Jarak Pandangan Segitiga	170
5.3.6 Pulau	171
5.3.7 Superelevasi Pada Persimpangan	171
5.3.8 Desain Bukaan Median	173
5.4 Pembahasan	175
BAB VI PERANCANGAN PERKERASAN	179
6.1 Umum	179
6.2 Jenis Perkerasan	179
6.3 Metoda Perancangan	181
6.3.1 Persentase Kendaraan Pada Jalur Rencana	181
6.3.2 Angka Ekuivalen	182
6.3.3 Lalu lintas	183
6.3.4 Modulus Reaksi Tanah Dasar (K)	183
6.3.5 Indeks Permukaan (IP)	184
6.3.6 Deviasi atau Simpangan (Z_R)	185
6.3.7 Gabungan Kesalahan Prediksi Lalu lintas	185
6.3.8 Koefisien Drainasi (Cd)	186
6.3.9 “Modulus of Nepture” Beton (SC’)	186
6.3.10 Koefisien Transfer Beban (J)	186
6.3.11 Modulus Elastisitas Beton (E_c)	186

6.4 Perhitungan Tebal Perkerasan	187
6.5 Penulangan Slab Beton	196
6.6 Tebal Lapis Pondasi	197
6.7 Bahan dan Pelaksanaan Pekerjaan	197
6.7.1 Tanah Dasar	198
6.7.2 Lapisan Pondasi	200
6.7.3 Slab Beton	202
6.7.4 Baja Tulangan	205
6.7.5 Material Pengisi Sambungan	206
6.8 Pembahasan	207
BAB VII RAMBU DAN MARKA JALAN	209
7.1 Umum	209
7.2 Lampu Pengatur Lalu lintas	209
7.3 Perancangan “Signal Timing”	211
7.3.1 Panjang Siklus	211
7.3.2 Fase (“Phase”)	212
7.3.3 Arus Jenuh	214
7.3.4 “Integrated Congestion Ratio”	214
7.3.5 Kelambatan Rata-rata Kendaraan	214
7.3.6 Penentuan “Signal Timing”	216
7.4 Marka Lalu lintas	217
7.5 Rambu Lalu lintas	222
7.6 Pembahasan	227

BAB VIII PERANCANGAN DRAINASI	230
8.1 Umum	230
8.2 Maksud dan Tujuan	231
8.3 Dasar Perancangan	231
8.3.1 Analisis Hidrologi	231
8.3.2 Melengkapi Data yang Hilang	231
8.3.3 Analisis Curah Hujan	232
8.3.4 Test Homogenitas	235
8.3.5 Analisis Intensitas Hujan	235
8.3.6 Analisis Debit Rencana	236
8.3.7 Waktu Konsentrasi	237
8.3.8 Analisis Hidraulis	240
8.4 Perhitungan	245
8.4.1 Data	245
8.4.2 Melengkapi Data yang Hilang	246
8.4.3 Analisis Regresi	248
8.4.4 Test Homogenitas	250
8.4.5 Analisis Regresi Gabungan	252
8.4.6 Lengkung Intensitas Hujan (IDC)	252
8.4.7 Pemilihan Persamaan IDC	257
8.5 Evaluasi Fasilitas Drainasi	262
8.5.1 Drainasi Permukaan pada Jalan Layang	262
8.5.2 Drainasi Permukaan pada Persimpangan Sebidang	267

8.5.3	Drainasi Pokok	275
8.5.4	Drainasi Bawah Tanah	277
8.6	Pembahasan	279
BAB IX RENCANA ANGGARAN BIAYA		280
9.1	Pendahuluan	280
9.2	Uraian Jenis Pekerjaan	281
9.2.1	Rencana Kerja dan Syarat-syarat (RKS)	281
9.2.2	Pekerjaan Tanah	282
9.2.3	Pekerjaan Drainasi	282
9.2.4	Pekerjaan Konstruksi Jalan	283
9.2.5	Pekerjaan Pelengkap	283
9.3	Volume Pekerjaan	283
9.4	Harga Satuan	285
9.4.1	Harga Satuan Upah Pekerjaan	285
9.4.2	Harga Satuan Bahan	286
9.4.3	Harga Satuan Penggunaan Peralatan	286
9.4.4	Keuntungan dan Biaya Tak Terduga (“Overhead”)	288
9.5	Perhitungan	289
9.6	Pembahasan	291
BAB X KESIMPULAN DAN SARAN		
10.1	Kesimpulan	
10.2	Saran	
DAFTAR PUSTAKA		
LAMPIRAN		

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 : Kode dan Nama Zona	7
2.2 : Perkembangan Ekonomi DKI Jakarta	9
2.3 : Distribusi GRDP DKI Jakarta	10
2.4 : Klasifikasi Bidang Pekerjaan	12
2.5 : Struktur Populasi Pekerja	13
2.6 : Biaya Pembangunan Berdasarkan Jadwal Pelaksanaan Proyek ...	16
Harga Tahun 1980 (dalam juta rupiah)	
2.7 : Biaya Pemeliharaan dan Operasi Tahunan	16
Harga Tahun 1980 (dalam juta rupiah)	
2.8 : Present Value Biaya Ekonomi Tahun 1980	16
2.9 : Nilai Satuan, bulan September 1980	20
2.10 : Akumulasi BOK pada Jalan Tol Berdasarkan Kecepatan Rata-rata (Rp/1000 km)	24
2.11 : Kekasaran Perkerasan Jalan	25
2.12 : Faktor Perbandingan BOK Jalan Tol dan Arteri	26
2.13 : Akumulasi BOK pada Arteri berdasarkan Kecepatan Rata-rata... (Rp/1000 km)	27
2.14 : Nilai Waktu tahun 1980 (Rp/Kendaraan . jam)	28
2.15 : Jarak Perjalanan dan Waktu Perjalanan Harian Pemakai JIUT ...	30
2.16 : Kecepatan Rata – rata pada Jaringan (Km/jam)	30
2.17 : Biaya dan Keuntungan Pemakai JIUT terhadap Operasi	31
Kendaraan dan Waktu dalam Harga Tahun 1980 (Juta Rp/Tahun)	

2.18 : Keuntungan Tahunan dari BOK tiap Segmen pertahun dalam nilai tahun 1980 (Juta Rupiah)	31
2.19 : Keuntungan Tahunan dari Biaya Segmen Pertahun dalam Nilai Tahun 1980 (Juta Rupiah)	32
2.20 : Perhitungan Net Present Value	34
2.21 : Perhitungan B/C Ratio	35
2.22 : Hasil Perhitungan IRR	36
2.23 : Hasil Sensitivity Analisis	37
3.1 : Jadwal Survai Asal Tujuan dan Survai Jumlah Kendaraan	44
3.2 : Distribusi Kartu Survai pada Simpang Grogol	44
3.3 : Matriks Asal Tujuan (pagi hari/jam puncak)	45
3.4 : Matriks Asal Tujuan	45
3.5 : Hasil Survai Kecepatan Kendaraan jam 07.00 s/d 09.00	49
3.6 : Hasil Survai Hambatan terhadap Kendaraan	49
3.7 : Future Trip Generation di DKI Jakarta (Unit : 1000 person trip)	54
3.8 : Muatan Rata – rata tiap Truk	55
3.9 : Perkiraan Perjalanan Truk	55
3.10 : Prosentase Perjalanan Manusia berdasarkan Kendaraan	56
3.11 : Future Modal Split untuk DKI Jakarta	56
3.12 : Nilai Penempatan Penumpang pada Kendaraan untuk DKI Jakarta (Unit : orang/Kendaraan)	56
3.13 : Tarif Tol dan Nilai Waktu (tahun 1980)	62
3.14 : Lalu lintas Harian Jalan Tol dan Arteri	63
3.15 : Koefisien Lebar Jalur	67

3.16 : Koefisien Kebebasan Samping	67
3.17 : Tingkat Pelayanan untuk Daerah Urban	69
3.18 : Volume Lalu lintas pada Simpang Grogol	70
3.19 : Kapasitas dan Jumlah Lajur	74
4.1 : Kecepatan Rencana untuk “Urban Highways”	81
4.2 : Dimensi Kendaraan Rencana (cm)	82
4.3 : Daftar Lebar dari Lajur, Bahu dan Median serta Ruang Bebas.....	86
4.4 : Hubungan antara Kecepatan Rencana dengan Jarak Pandangan Henti	87
4.5 : Hubungan antara Kecepatan Rencana dengan Kelandaian Relatif .88	
4.6 : Nilai f dari AASHTO 1994	90
4.7 : Hubungan antara Kecepatan Rencana dengan Kelandaian	97
4.8 : Hubungan antara Landai Kritis dengan Panjang Kritis	98
4.9 : Kapasitas Dasar	126
4.10: Faktor Penyesuaian Kapasitas untuk Lebar Lajur Lalu lintas(FCw)	127
4.11: Faktor Penyesuaian Kapasitas untuk Pemisahan Arah (FCsp) ...	127
4.12: Faktor Penyesuaian Kapasitas untuk Hambatan Samping(FCsf) ..	128
4.13: Faktor Penyesuaian Kapasitas untuk Ukuran Kota (FCcs)	128
4.14: Hasil Perhitungan Evaluasi Alinyemen Horizontal	134
4.15: Hasil Perhitungan Alinyemen Horizontal Konsultan	134
5.1 : Ukuran Kendaraan dengan Jari-jari	139
5.2 : Perancangan Minimal untuk Pemutaran	143
5.3 : Bentuk Ujung Median pada Pemutaran	143

5.4	: Perancangan Jari-jari Minimum Perkerasan untuk Pemutaran pada persimpangan “Simple Curves”	144
5.5	: Perancangan Jari-jari Minimum Perkerasan untuk Pemutaran pada persimpangan “Three Centered Compound Curves”	145
5.6	: Superelevasi Lengkung pada Persimpangan	154
5.7	: Perancangan Perubahan Superelevasi Lengkung pada Persimpangan	155
5.8	: Perbedaan Aljabar Landai Maksimum Kemiringan Melintang Perkerasan	155
5.9	: Perancangan Minimum dari Bukaan Median	157
5.10	: Akibat Kemiringan pada Perancangan Minimum Bukaan Median	158
5.11	: Belokan-belokan dan Sudut Belokan Persimpangan Grogol	160
5.12	: Hasil Perhitungan Rancangan Pulau dengan Bentuk Segitiga	171
5.13	: Hasil Perhitungan Superelevasi dan Pentahapan Perubahan Superelevasi Simpang Grogol	172
5.14	: Kontrol Perbedaan Aljabar Landai	173
5.15	: Hasil Perhitungan Konsultan	176
5.16	: Hasil Evaluasi Perancangan	176
6.1	: Tabel Penentuan Distribusi Kendaraan	182
6.2	: Hubungan Tingkat Keyakinan dan Simpangan (Z_R)	185
6.3	: Nilai R	185
6.4	: Nilai Cd	186
6.5	: Nilai Cd berdasarkan Kondisi Drainasi	186

6.6	: Persyaratan Gradasi untuk Pondasi	200
7.1	: Daftar Besar "Possible Capacity"	214
7.2	: Perhitungan "Signal Timing"	217
8.1	: "Reduced Mean" (Y_n)	234
8.2	: "Reduced Standar Deviation" (S_n)	234
8.3	: Koefisien Limpasan (C)	237
8.4	: Koefisien Manning (n)	239
8.5	: Data – data Curah Hujan	245
8.6	: Perhitungan Regresi	249
8.7	: Hasil Test Homogenitas	250
8.8	: Data Intensitas Hujan pada Stasiun Pengamat Halim PK	252
8.9	: Data Perhitungan Nilai a dan b Talbot	254
8.10	: Data Perhitungan Nilai a dan b Sherman	255
8.11	: Data Perhitungan Nilai a dan b Ishiquro	256
8.12	: Perhitungan Simpangan Rata-rata dari Persamaan Lengkung Intensitas Hujan	258
8.13	: Data – data lengkung IDC	259
8.14	: Perbandingan Hasil Evaluasi dengan Hasil Rancangan Konsultan	278
9.1	: Volume Unit Pekerjaan	284
9.2	: Daftar Upah Pekerja (tahun 1983)	285
9.3	: Daftar Harga Satuan Bahan/Material (tahun 1983)	286
9.4	: Daftar Harga Satuan Penggunaan Peralatan	287
9.5	: Perhitungan Biaya Simpang Grogol	289

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 : Grafik Jumlah Kendaraan dari tahun 74 sampai 1981.....	2
1.2 : Grafik Jumlah Panjang Jalan di DKI Jakarta	3
2.1 : Kurva Perhitungan IRR	36
3.1 : Diagram Aliran untuk Peramalan Lalu lintas	50
3.2 : Diagram Aliran untuk Future Trip Generation	53
3.3A:Diagram Aliran Gravity Model	59
3.3B:Diagram Aliran Metode Fratar	60
3.4 : Kurva Q – V Limitation Method	62
3.5 : Diagram Aliran Penentuan Jumlah Lajur	65
3.6 : Distribusi Lalu lintas Simpang Grogol	72
4.1 : “Single Unit Truck”	81
4.2 : Ruang Kebebasan Horizontal dan Vertikal pada Jalan Tol	84
4.3 : Ruang Kebebasan Horizontal dan Vertikal pada Jalan Arteri ..	85
4.4 : Kebebasan Samping pada Tikungan	90
4.5 : Pelebaran Perkerasan pada Tikungan	92
4.6 : Spiral – Circle – Spiral	92
4.7 : Elemen – elemen Spiral	93
4.8 : Gabungan Dua Circle	94
4.9 : Lengkung Vertikal	95
4.10: Panjang Lengkung Vertikal Cembung	101
4.11: Panjang Lengkung Vertikal Cekung	102
4.12: Potongan Dinding Penahan Tanah	103

4.13: Potongan Jembatan Layang	104
5.1 : Gambar Kendaraan Rencana	140
5.2 : Penjejukan (“Tracking”) Putaran/Belokan Kendaraan Rencana SU	140
5.3 : Penjejukan (“Tracking”) Putaran/Belokan Kendaraan Rencana WB-	
12	141
5.4 : Jarak Pandangan Segitiga pada Persimpangan	147
5.5 : Jarak Pandangan Segitiga pada Persimpangan Jarak Pandang	
Sepanjang Jalan Besar	147
5.6 : Lebar Lengkung pada Persimpangan	149
5.7 : Lebar Penjejukan dan “Overhang” Operasi Kendaraan Rencana	
pada Belokan	150
5.8 : Lebar Penjejukan dan “Overhang” Operasi Kendaraan Rencana	
pada Belokan	150
5.9 : Detail Perancangan Pulau Segitiga (diperkeras, tanpa bahu) ..	152
5.10: Detail Perancangan Pulau Segitiga (diperkeras, dengan bahu)..	153
5.11: Perancangan Minimum dari Bukaan Median	157
5.12: Effect of Skew	158
5.13: Sudut Belokan pada Persimpangan Sebidang	161
5.14: Sudut Simpang pada Persimpangan Grogol	174
6.1 : Bagian – bagian Perkerasan Tegar	181
7.1 : Volume Lalu lintas dan Fase di Persimpangan	213
7.2 : Proses Perhitungan “Signal Timing”	216
7.3 : Tipe Marka Garis dan Dimensi	221

7.4 : Jenis – jenis Rambu Lalu lintas	225
7.5 : Dimensi dan Elevasi Rambu	226
8.1 : Kurva Curah Hujan Van Breen	239
8.2 : Prosedur Perhitungan Penampang Terbaik	241
8.3 : Grafik Test Homogenitas	251
8.4 : Analisis Regresi Gabungan	253
8.5 : IDC Rencana	261

INTISARI

Di Jakarta sampai dengan tahun 1981, terdapat 876.714 kendaraan bermotor yang terdiri dari sepeda motor, mobil, truk dan bus, dengan angka kenaikan rata-rata 12,972 % pertahun. Hal ini kurang diimbangi oleh perkembangan jaringan jalan yang tingkat pertumbuhannya hanya sebesar 7,56 % pertahun. Untuk menunjang pelayanan transportasi didalam kota, pemerintah telah merekomendasikan pembangunan jalan bebas hambatan yang disebut Jakarta Intra Urban Tollway (JIUT). Simpang Grogol yang terletak pada jalan tol Cawang-Grogol merupakan bagian dari JIUT yang termasuk pada jalur utama "Central South West Arc" sepanjang 19 km.

Penulisan tugas akhir ini adalah untuk mempelajari tentang perancangan simpang dan mengevaluasi perancangan Simpang Grogol yang telah ada. Data hasil rancangan konsultan dianalisis kebenarannya sesuai persyaratan dan dilakukan rancangan ulang dengan bentuk lain untuk membandingkan kedua hasilnya dengan perancangan yang sudah ada. Evaluasi yang dilakukan meliputi studi kelayakan, analisis lalu-lintas, geometrik, perkerasan, rambu dan marka jalan, drainasi dan anggaran biaya.

Pada analisis terhadap studi kelayakan dengan menggunakan kriteria-kriteria investasi seperti NPV, B/C Ratio dan IRR. Hasil analisis menunjukkan hasil seperti yang disyaratkan oleh ketiga kriteria tersebut diatas, dimana nilai $NPV > 0$, $B/C \text{ Ratio} > 1$ dan $IRR > 0$, bahwa keuntungan yang diperoleh lebih besar dari biaya yang digunakan. Analisis Lalu-lintas dilakukan dengan melihat hasil dari survai lalu-lintas yang dilakukan konsultan, perkiraan beban yang diangkut oleh kendaraan berat. Dari hasil analisis, pada survai asal-tujuan dengan metoda kartu pos dianggap gagal karena kartu yang kembali hanya 5%, perkiraan bahwa truk hanya mengangkut barang seberat 2,0-2,5 ton. Pada perancangan geometrik persimpangan sebidang mengevaluasi jari-jari perkerasan yang dirancang oleh konsultan yang tidak sesuai dengan persyaratan AASHTO dan dilakukan perancangan ulang. Perancangan perkerasan dengan menggunakan perkerasan kaku sebagai bahan perbandingan terhadap hasil rancangan konsultan yang memakai perkerasan lentur, dengan menggunakan perkerasan kaku lebih cocok untuk kondisi Indonesia yang kurang memperhatikan dalam masalah pemeliharaan. Perancangan drainasi dengan memperkecil dimensi hasil rancangan konsultan tetapi masih sesuai dengan persyaratan yang ditetapkan. Rancangan anggaran biaya dihitung dari konstruksi hasil evaluasi yaitu dari hasil perancangan ulang dan dihasilkan sebesar Rp. 5.031.271.206,-.

BAB I

PENDAHULUAN

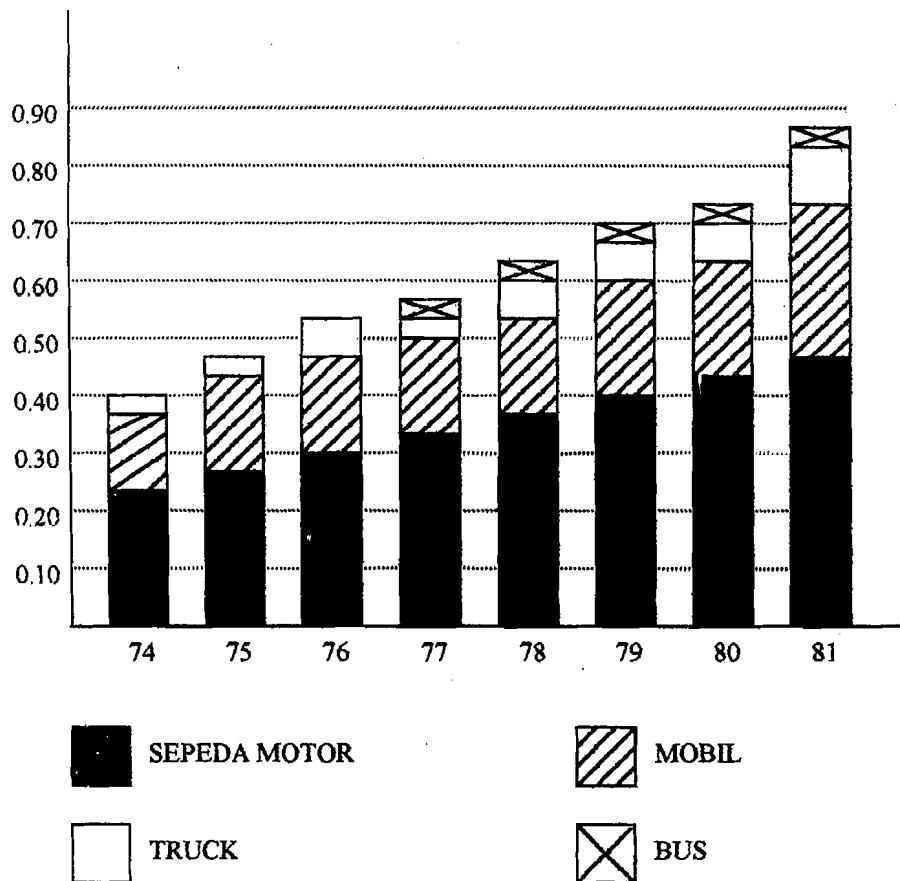
1.1. Latar belakang

Pertambahan pergerakan manusia dan barang, yang diakibatkan bertambahnya jumlah penduduk serta berkembangnya suatu wilayah dapat menimbulkan masalah yang cukup rumit dalam bidang transportasi, yaitu tidak memadainya lagi fasilitas transportasi yang ada untuk memenuhi kebutuhan akan transportasi di wilayah tersebut.

Di kota-kota besar, sistem jaringan jalan menjadi penting sekali artinya dalam rangka pelayanan transportasi umum maupun perorangan. Hal ini disebabkan karena sebagian besar pergerakan manusia dan barang dilakukan dengan menggunakan kendaraan bermotor, yang tentunya membutuhkan fasilitas transportasi yaitu berupa jalan raya.

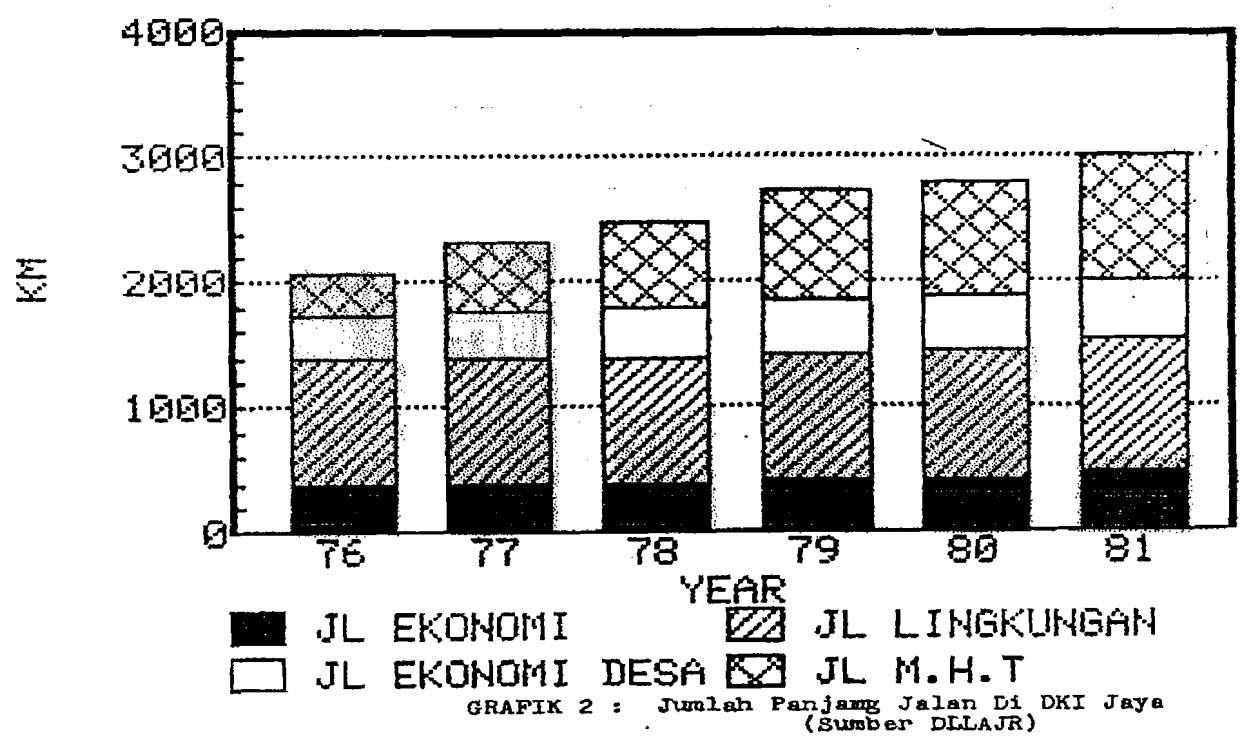
Di Jakarta, sampai dengan tahun 1981, terdapat 876.714 kendaraan bermotor yang terdiri dari sepeda motor, mobil, truk dan bus. Setiap tahunnya jumlah kendaraan bermotor ini bertambah dengan angka kenaikan rata-rata 12,972% per tahun. Kenaikan tersebut sangat ditunjang oleh jumlah penduduk Jakarta, yang pada tahun 1981 jumlahnya mencapai 6.259.000 orang dengan pertumbuhan sebesar 3,2 % per tahun. Selain itu tingkat kehidupan sosial dan ekonominya cukup tinggi dibandingkan dengan daerah lain sehingga daya belinya pun cukup tinggi. Akan tetapi kenaikan jumlah kendaraan bermotor tidak diimbangi oleh perkembangan

jaringan jalan, yang tingkat pertumbuhannya hanya 7,56 % per tahun (lihat gambar 1.1). Hal ini tentunya menimbulkan masalah yaitu kenaikan arus lalu lintas, yang selanjutnya menyebabkan terjadinya kemacetan di banyak tempat, terutama di persimpangan jalan, karena jaringan jalan yang ada sudah tidak lagi dapat menampung arus lalu lintas yang terjadi pada jalan tersebut (lihat gambar 1.2).



Gambar 1.1 Grafik jumlah kendaraan dari tahun 74 sampai 81

Sumber : DLLAJR DKI Jakarta



Gambar 1.2 Grafik jumlah panjang jalan di DKI Jakarta

Sumber : DLLAJR DKI Jakarta

Untuk mengatasi masalah tersebut diatas, maka perlu sekali diadakan peningkatan jaringan jalan yang sudah ada. Dalam perancangan jaringan jalan perlu sekali diperhatikan beberapa hal, yaitu tata guna tanah di masa mendatang, kondisi ekonomi dan pola perjalanan yang akan terjadi. Sedang untuk perancangan dari jalan yang akan dibangun atau yang akan ditingkatkan harus dipenuhi beberapa pertimbangan yaitu:

1. Perancangan harus cukup untuk menampung volume lalu lintas dimasa mendatang, baik pada keadaan normal maupun jam sibuk.
2. Perancangan memberikan keamanan dan kenyamanan pada pengendara dan pejalan kaki.
3. Perancangan harus konsisten, jangan sampai terjadi perubahan alinyemen dan kelandaian yang sangat tiba-tiba.

4. Perancangan harus dilengkapi dengan sarana pengontrol lalu lintas, seperti lampu lalu lintas, marka-marka lalu lintas, dan tanda-tanda lainnya.

5. Perancangan harus ekonomis

Untuk menunjang pelayanan transportasi di dalam kota, khususnya pelayanan lalu lintas dalam menghindari kemacetan serta mengurangi kelambatan dan biaya transportasi, pemerintah telah merekomendasikan pembangunan jalan bebas hambatan yang disebut Jakarta Intra Urban Tollway (JIUT).

JIUT berfungsi menghubungkan tiga jalan tol yaitu jalan tol Jakarta – Tangerang disebelah barat Jakarta, jalan tol Jakarta – Cikampek disebelah timur Jakarta dan jalan tol Jagorawi disebelah selatan Jakarta, juga menghubungkan pelabuhan Tanjung Priok dengan ketiga jalan tol tersebut.

JIUT terdiri dari dua jalur utama yaitu :

1. Central South – West Arc sepanjang 19 km .
2. Central North – South Link sepanjang 14 km.

“South – West Arc” membentang disepanjang jalan S Parman, Gatot Subroto dan jalan M.T. Haryono, disamping itu akan melintasi delapan persimpangan besar yaitu Grogol, Tomang, Slipi, Taman – Ria Senayan, Semanggi, Kuningan, Tebet, dan Cawang. Jalur ini akan menghubungkan jalan tol Jagorawi dan jalan tol Jakarta – Cikampek dengan jalan tol Jakarta – Tangerang .

“North – South Link” membentang di sepanjang jalan D.I.Panjaitan sampai Tanjung Priok dan akan melintasi tiga persimpangan besar yaitu Jatinegara, Pramuka dan Cempaka Putih.. Jalur ini akan menghubungkan pelabuhan Tanjung Priok dengan jalan tol Jagorawi , jalan tol Jakarta – Cikampek dan South – West Arc .

Kedua jalur ini akan bertemu di suatu persimpangan tersusun yang disebut

“Jakarta Interchange”, yang juga merupakan pertemuan antara jalan tol Jagorawi dan jalan tol Jakarta – Cikampek. Sebagai alternatif bagi arus lalu lintas yang tidak menggunakan jalan tol baik “South – West Arc” maupun “North – South Link” juga arus yang keluar masuk jalan bebas hambatan ini, dibuat jalan arteri yang berada di sisi kiri dan kanan sejajar dengan jalan tol ini.

Jalan tol Cawang – Grogol merupakan alternatif pemecahan lalu lintas di kota Jakarta. Jalan bebas hambatan ini termasuk pada JIUT yaitu pada jalur utama “Central South – West Arc” sepanjang 19 km. Tujuan pembangunan jalan bebas hambatan ini adalah :

1. Untuk menunjang pelayanan transportasi dalam kota Jakarta.
2. Menghindari kemacetan serta mengurangi kelambatan dan biaya transportasi.
3. Menghubungkan tiga jalan tol yaitu, jalan tol Jakarta – Tangerang , jalan tol Jakarta – Cikampek dan jalan tol Jagorawi .
4. Menghubungkan pelabuhan Tanjung Priok dengan ketiga jalan tol tersebut.

Pada daerah Grogol terdapat pertemuan antara jalan tol Cawang – Grogol dengan jalan S Parman, Latumeten, jalan Daan Mogot , jalan Kiai Tapa dan dibuat Simpang Grogol. Perancangan Simpang Grogol yang telah ada dianalisis dan dievaluasi kembali. Perancangan kembali dengan metoda lain untuk membandingkan hasil kedua perancangan tersebut sehingga diharapkan dengan hasil perbandingan tersebut dapat memberikan alternatif, masukan atau pertimbangan untuk perancangan berikutnya.

1.2 Tujuan

Tujuan penulisan penulisan tugas akhir ini adalah :

1. Mempelajari tentang perancangan simpang.
2. Mengevaluasi terhadap perancangan simpang yang sudah ada.

Evaluasi ditekankan pada perancangan akhir rekayasanya dan bukan pada prosedurnya. Data yang digunakan mengevaluasi adalah data sekunder yang didapat dari PT. Jasa Marga (pengelola jalan tol di Indonesia).

1.3 Sistematika Pembahasan

Pada penulisan Tugas Akhir ini mengambil judul :

“ EVALUASI PERANCANGAN SIMPANG GROGOL DI JALAN TOL
CAWANG – GROGOL JAKARTA “.

Sistematika penulisan sebagai berikut :

BAB I : Pendahuluan

BAB II : Studi Kelayakan

BAB III : Analisis Lalu Lintas

BAB IV : Perancangan Geometrik

BAB V : Perancangan Geometrik Persimpangan Sebidang

BAB VI : Perancangan Perkerasan

BAB VII : Rambu dan Marka Jalan

BAB VIII : Perancangan Drainasi

BAB IX : Anggaran Biaya

BAB X : Kesimpulan dan Saran

BAB XI : Daftar Pustaka

BAB II

STUDI KELAYAKAN

2.1. Analisis sosial ekonomi

Perkembangan ekonomi yang cukup pesat di daerah DKI Jakarta disertai perkembangan populasi dan tata guna tanah mendorong bertambahnya perjalanan intra zone dan antara zone, baik berupa perjalanan manusia maupun perjalanan kendaraan dan barang. Hal ini dapat mempengaruhi lalu lintas darat, khususnya jalan raya, sehingga faktor-faktor tersebut diatas perlu dipertimbangkan dalam perencanaan jalan raya.

DKI Jakarta memiliki daerah yang cukup luas, karena itu untuk menganalisa keadaan ekonomi, tata guna tanah dan populasi perlu dibagi atas beberapa daerah (zone) menurut daerah administratif . DKI Jakarta dibagi atas 38 zona (lihat tabel 2.1).

Tabel 2.1 Kode dan Nama Zona

No. Kode	Wilayah	Nama zone
1	Jakarta Pusat	Gambir
2		Sawah Besar
3		Kemayoran
4		Senen
5		Cempaka Putih
6		Menteng
7		Kebon Melati
8		Gelora
9	Jakarta Utara	Penjaringan
10		Pademangan Barat
11		Tanjung Priok
12		Koja
13		Cengkareng
14		Jelambar

Lanjutan tabel 2.1

15	Jakarta Barat	Tomang
16		Pal Merah
17		Taman Sari
18		Tambora
19		Kembangan
20		Kebon Jeruk
21	Jakarta Selatan	Tebet
22		Setia Budi
23		Mampang Prapatan
24		Pejaten
25		Serengseng
26		Kebayoran Baru
27		Grogol Utara
28		Kebayoran Lama
29		Cilandak
30	Jakarta Timur	Matraman
31		Pulo Gadung
32		Cipinang Barat
33		Kelender
34		Cililitan
35		Halim PK
36		Gedong
37		Lubang Buaya
38		Cakung

DKI Jakarta memiliki perkembangan ekonomi yang luar biasa seperti dapat kita lihat pada tabel 2.2 dengan rata-rata diatas 10 % pertahun.

Jika kita tinjau perkembangan ekonomi pada sektor-sektor industri, seperti tercantum pada tabel 2.3, ternyata kira-kira setengah dari "Gross Regional Domestic Product" (GRDP) tergantung pada sektor perdagangan besar dan eceran, kemudian sektor produksi barang (pabrik). Melihat kenyataan ini, Pemerintah DKI Jakarta telah merencanakan pengembangan wilayah dengan membuat master plan, dimana antara lain direncanakan mengembangkan daerah industri di sekeliling Jakarta, yang mana akan meningkatkan jumlah pabrik-pabrik dari berbagai jenis dan ukuran. Jadi dapat diharapkan sektor produksi barang akan terus memegang peranan penting terhadap GRDP dimasa depan. Dengan mempertimbangkan kondisi yang ada dan prospek

pertumbuhan ekonomi di masa datang dari DKI Jakarta, diasumsikan pertumbuhan ekonomi rata-rata tahunan DKI Jakarta sebagai berikut :

1976-1980	10%
1981-1985	9%
1986-1990	8%
1990-2000	7%

Tabel 2.2 Perkembangan Ekonomi DKI Jakarta

	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975
Population(in thousand)	4,274 (-)	4,437	4,576	4,755	4,973	5,163	5,404
GRDP 1)	214,94 7 (-)	234,893 (109,26)	260,463 (110,87)	283,761 (108,94)	319,744 (112,68)	355,533 (111,20)	399,393 (112,42)
Regional Income 2)	180,75 9(-)	197,569 (109,30)	219,043 (110,87)	238,619 (108,94)	268,873 (112,68)	298,993 (111,20)	336,121 (107,82)
Per Capita Income 3)	42,293 (-)	44,528 (105,28)	47,868 (107,74)	50,183 (104,84)	54,067 (107,74)	57,687 (106,70)	62,199 (107,82)
Per Capita Income 4)	42,293 (-)	50,900 (120,35)	59,726 (117,34)	72,437 (121,28)	93,774 (129,46)	137,321 (146,44)	165,551 (120,56)

Note : Figure in parentheses show growth rates over previous year (previous year = 100).

- 1) Unit: Million Rp. at constant 1969 market prices.
- 2) Unit: Million Rp. at constant 1969 factor costs.
- 3) Unit: Rp. at constant 1969 factor costs.
- 4) Unit: Rp. at current factor costs.

Sumber : Regional Income of Jakarta, 1969 – 1975 – Census and statistical Office, Jakarta.

Tabel 2.3 Distribusi GRDP DKI Jakarta

	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975
1. Agriculture	8.41	5.67	4.43	2.69	2.56	2.63	2.13
2. Mining & Quarrying	-	-	-	-	-	-	-
3. Manufacturing	8.60	7.52	8.13	7.01	11.96	11.58	12.07
4. Construction	4.90	6.07	5.98	5.72	4.97	4.42	4.37
5. Electricity, Gas, Sanitary Water	1.55	1.78	1.92	1.69	1.68	1.38	1.82
6. Transport & Communication	7.75	9.69	12.04	10.44	9.10	7.28	7.49
7. Wholesale & Retail Trade	49.38	47.35	45.43	50.01	46.00	50.97	47.20
8. Banking & other financial Institutions	7.69	7.18	7.48	7.84	8.82	7.60	9.02
9. Ownership of Dwelling	3.46	3.65	3.29	2.93	2.96	2.89	2.86
10. Public Administration	7.46	8.41	8.47	8.47	8.71	8.29	10.04
11. Services	2.80	2.68	2.83	3.20	3.24	2.96	3.00
Gross Regional Domestic Product (Million Rp)	100.00 214,947	100.00 268,682	100.00 329,012	100.00 409,856	100.00 555,867	100.00 834,398	100.00 1,049,117

Sumber : Regional Income of Jakarta, 1969 – 1975 – Cencus and Statistical

Office, Jakarta

Perkembangan jumlah penduduk dan peningkatan sosial ekonominya, mengakibatkan tumbuhnya konsentrasi-konsentrasi pemukiman yang padat tanpa didukung prasarana dan sarana yang memadai. Kebutuhan tanah/lahan untuk pembangunan baik perumahan, fasilitas umum, prasarana dan lainnya semakin meningkat, rata-rata 600 ha pertahun . Sejalan dengan berkembangnya kebutuhan akan lahan pembangunan terjadi pula perkembangan nilai tanah. Perkembangan nilai

tanah tersebut belum dapat dibarengi dengan perkembangan tingkat sosial ekonomi masyarakat terbanyak sehingga menimbulkan penggunaan dan pemanfaatan tanah yang tidak efisien dan efektif. Beberapa bagian tanah perkotaan digunakan dan dimanfaatkan secara berlebihan (padat, tidak sehat, penggunaan lahan sempit) yang justru ditempati oleh golongan masyarakat kota yang terbesar jumlahnya, sedangkan di beberapa bagian lain belum dimanfaatkan.

Melihat kondisi tersebut dan pertimbangan akan potensi-potensi yang ada, pemerintah, dalam hal ini Dinas Tata Kota DKI Jakarta, telah merencanakan pola tata guna tanah untuk masa yang akan datang. Disini tampak bahwa pengembangan Jakarta diusahakan ke samping, ke arah barat dan timur. Sementara ditengah kota peningkatan arus penduduk dibatasi. Jakarta Intra Urban Tollway (JIUT), khususnya "SW-ARC" membentang dari arah Selatan ke Barat, menuju daerah yang akan dikembangkan menjadi daerah industri.

Dibanyak kota di negara-negara berkembang pada umumnya tampak adanya kecenderungan bahwa penduduk perkotaan terus meningkat. Demikian halnya pada kota-kota di Indonesia, termasuk DKI Jakarta.

Jakarta sebagai ibukota dan kota terbesar di Indonesia, penduduknya terus tumbuh dan berkembang, Angka pertumbuhan populasi rata-rata DKI Jakarta selama tahun 1973 sampai dengan tahun 1978 adalah 3,5 % per tahun. Menurut data statistik dari Jabotabek 1973, angka pertumbuhan alamiah dari populasi DKI Jakarta adalah 2%, sedang sisanya adalah pertumbuhan migrasi (pendatang). Di daerah sekitar Jakarta seperti Bogor, Tangerang dan Bekasi angka pertumbuhan populasi rata-

ratanya 2,2%. Hal ini ikut memberikan sumbangan akan memberikan migrasi ke Jakarta.

Berdasarkan angka-angka tersebut diatas dan pengaruh keberhasilan keluarga berencana, diperkirakan dan diasumsikan bahwa angka pertumbuhan populasi rata-rata untuk DKI Jakarta akan berkurang sampai 1,5% pada tahun 2000. Sedang pertumbuhan migrasi diasumsikan berkurang sampai 0,3% pada tahun 2000, disebabkan makin luas dan berkembangnya daerah-daerah sekitar Jakarta.

Pertumbuhan populasi ini merupakan faktor yang mendorong timbulnya perjalanan, khususnya perjalanan melalui darat, dimana jenis perjalanan terbesar adalah untuk bekerja. Untuk itu perlu dilakukan peramalan populasi pekerja ("economically active population") sesuai dengan bidang pekerjaan masing-masing pekerja tersebut (lihat tabel 2.4).

Tabel 2.4 Klasifikasi Bidang Pekerjaan

Sektor	Klasifikasi	Bidang pekerjaan
I	Industri primer	-Pertanian
II	Industri sekunder	-Pertambangan -Produksi Barang -Konstruksi
III	Industri Tersier	-Kelistrikan, Gas dan Air -Transportasi dan Telekomunikasi -Keuangan

Tabel 2.5 Struktur populasi pekerja

		1976	1980	1990	2000	2010	
Jakarta	Total population	5,855	6,560	8,390	9,860	11,310	
	Rate of Employment (%)	25.9	26.8	28.9	31.0	33.1	
	Economically Active Population	1,517	1,758	2,425	3,057	3,744	
	Sectoral Composition %	I	2.8	2.4	1.5	0.5	0.2
		II	18.3	20.7	26.5	32.5	37.8
		III	78.9	76.9	72.0	67.0	62.0
	Economically Active Population by Sector	I	42	42	36	15	7
II		278	364	643	994	1,416	
III		1,197	1,352	1,745	2,048	2,321	
Botabek	Total population	4,348	4,640	6,820	9,160	11,140	
	Rate of Employment (%)	29.4	29.7	30.4	31.0	31.6	
	Economically Active Population	1,277	1,378	2,073	2,840	3,520	
	Sectoral Composition %	I	53.2	53.1	41.6	35.0	32.0
		II	11.8	11.1	20.5	25.0	25.9
		III	35.0	35.8	37.9	40.0	42.1
	Economically Active Population by Sector	I	679	732	863	994	1,126
II		151	153	424	710	912	
III		447	493	786	1,136	1,482	
Jabotabek	Total Population	10,203	11,200	15,210	19,020	22,540	
	Rate of Employment (%)	27.4	28.0	29.6	31.0	32.2	
	Economically Active Population	2,794	3,136	4,498	5,897	7,264	
	Sectoral Composition %	I	25.8	24.7	20.0	17.1	15.6
		II	15.4	16.5	23.7	29.0	32.1
		III	58.8	58.8	56.3	53.9	52.3
	Economically Active Population by Sector	I	721	774	899	1,009	1,132
II		429	517	1,067	1,709	2,329	
III		1,644	1,845	2,532	3,184	3,803	

2.2. Evaluasi ekonomi

Evaluasi ekonomi suatu proyek menunjukkan biaya ekonomi proyek dan keuntungan – keuntungan dari proyek tersebut, kemudian dengan membandingkan biaya ekonomi dan keuntungan tersebut ditentukan layak atau tidaknya proyek tersebut dari segi ekonomi.

Dalam perbandingan biaya ekonomi dan keuntungan tersebut, untuk proyek JIUT ini, digunakan tiga metoda yaitu :

1. Net Present Value (NPV).
2. Benefit Cost Ratio (B/C RATIO)
3. Internal Rate of Return

Pembandingan biaya ekonomi dan keuntungan tersebut tidak selalu tepat, sehingga diperlukan suatu pengujian sejauh mana kepekaan metode-metode tersebut terhadap perubahan-perubahan biaya dan keuntungan. Pengujian ini dilakukan dengan suatu analisa yang disebut "Sensitivity Analysis".

Simpang Grogol merupakan bagian yang tidak dapat terpisahkan dari JIUT secara keseluruhan, sehingga evaluasi ekonomi untuk JIUT juga merupakan evaluasi ekonomi untuk Simpang Grogol.

2.2.1 Biaya Ekonomi ("Economic Cost")

Biaya Ekonomi didefinisikan sebagai semua biaya-biaya proyek tanpa pajak, bea dan subsidi. Biaya Ekonomi ini didasarkan pada studi perkiraan biaya yang sudah dilakukan sebelumnya. Kemudian disesuaikan dengan jadwal pelaksanaan proyek , biaya ekonomi ini dibagi dalam beberapa tahap pengeluaran biaya (tahunan) sehingga diperoleh biaya tahunan .

Untuk evaluasi ekonomi, data-data biaya tahunan ini harus dikonversikan kedalam nilai/harga pada tahun dasar dengan menggunakan cara “single payment-present worth factor” sehingga diperoleh hasil yang disebut “present value”. Cara “single payment-present worth factor” tersebut dapat dijabarkan sebagai berikut :

$$P = 1 / (1 + i)^n \cdot F \dots\dots\dots (2.1)$$

Dengan :

P = present value / nilai pada tahun dasar

F = future value / nilai pada tahun ke – n

i = interest rate / tingkat bunga

Untuk proyek JIUT ini biaya ekonomi dibagi menjadi dua bagian yaitu :

1. biaya pembangunan
2. biaya pemeliharaan dan operasi

Biaya tahunan untuk konstruksi serta pemeliharaan dan operasi ditunjukkan pada tabel 2.6 dan 2.7 , Tingkat bunga yang digunakan dalam evaluasi ekonomi proyek JIUT adalah 10 % dan 15 %. Hasil perhitungan “present value” untuk biaya konstruksi serta biaya pemeliharaan dan operasi ditunjukkan pada tabel 2.8 .

Tabel 2.6 Biaya Pembangunan Berdasarkan Jadwal Pelaksanaan Proyek
 Harga Tahun 1980 (dalam juta rupiah)

TAHUN	SW-ARC	NS-LINK	TOTAL
1980	2.454,9		2.454,9
1981	4.164,5		4.164,5
1982	8.889,5	2.167,2	11.056,7
1983	17.070,0	1.444,6	18.514,6
1984	30.033,8	1.222,3	31.256,1
1985	28.337,2	9.503,7	37.840,9
1986	11.041,8	4.704,7	15.746,5
1987	—	12.988,5	12.988,5
1988	—	24.441,6	24.441,6
1989	—	26.467,4	26.467,4
1990	—	16.035	16.035,2
TOTAL	103.991,7	98.975,2	202.966,9

Tabel 2.7 Biaya Pemeliharaan dan Operasi Tahunan

Harga Tahun 1980 (dalam juta rupiah)

BIAYA	SW-ARC	NS-LINK	TOTAL
Pemeliharaan	1.280,1	673,8	1.953,9
Operasi	823,4	535,2	1.358,6
TOTAL	2.103,5	1.209,0	3.312,5

Tabel 2.8 Present Value Biaya Ekonomi Tahun 1980

JENIS BIAYA	TINGKAT BUNGA	SW-ARC	NS-LINK	TOTAL
Pembangunan	10 %	72.572,1	47.742,4	120.314,5
	15 %	61.795,0	34.406,6	96.201,6
Pemeliharaan dan Operasi	10 %	10.777,8	4.031,4	14.809,2
	15 %	5.878,5	1.886,5	7.765,0
TOTAL	10 %	83.349,9	51.773,8	135.123,7
	15 %	67.673,5	36.293,1	103.966,6

2.2.2 Keuntungan (“Benefit”)

Keuntungan adalah keuntungan yang diperoleh dengan beroperasinya suatu proyek. Dalam proyek-proyek jalan raya keuntungan-keuntungan yang termasuk penting adalah :

1. pengurangan biaya operasi kendaraan
2. penghematan waktu perjalanan
3. berkurangnya kecelakaan dan kerusakan kendaraan
4. biaya pemeliharaan lebih rendah
5. rangsangan terhadap perkembangan ekonomi daerah sekitarnya

Tidak semua keuntungan tersebut diatas dihasilkan dari suatu proyek jalan raya, umumnya ada perbedaan antara proyek satu dengan proyek lainnya. Juga tidak semua keuntungan tersebut dapat dinilai, keuntungan yang satu bisa lebih mudah dinilai dengan uang dari keuntungan yang lain.

Berdasarkan data yang dapat digunakan, maka untuk proyek JJUT, pengurangan biaya operasi kendaraan dan penghematan waktu adalah keuntungan yang terpenting dan dapat dinilai dengan uang.

2.2.3 Biaya Operasi Kendaraan

Biaya Operasi Kendaraan (BOK) terdiri dari “running cost” dan “standing cost”. Pengertian “Running Cost” adalah total biaya-biaya operasi kendaraan yang dipengaruhi oleh jarak perjalanan dan waktu, sedangkan “Standing Cost” adalah biaya-biaya karena memiliki kendaraan. Elemen-elemen dari BOK adalah :

- a. “Running Cost”, meliputi biaya-biaya :
 1. Konsumsi bahan bakar

2. Konsumsi oli mesin
3. Pemakaian ban
4. Pemeliharaan (suku cadang dan upah pekerja)
5. Pengemudi (untuk kendaraan komersil)
6. Depresiasi kendaraan

b. "Standing Cost", meliputi biaya-biaya :

1. Interest
2. Asuransi
3. Overhead dan Profit

Biaya operasi kendaraan diperhitungkan berdasarkan data experimental dari kendaraan yang melakukan perjalanan pada jalan dengan perkerasan baik dan jalan masuk terkontrol dibandingkan pada jalan arteri biasa untuk kecepatan-kecepatan yang bervariasi.

Untuk menghitung BOK (Biaya Operasional Kendaraan), dipilih tiga jenis kendaraan yang dianggap mewakili kendaraan yang akan melalui JJUT yaitu untuk sedan, bus dan truk sebagai berikut :

a. Sedan

Merk TOYOTA CORONA 2000 cc, dipilih karena sekitar 33 % kendaraan yang sedang diproduksi di Indonesia umumnya merk TOYOTA.

b. Bus

Merk MERCEDES BENZ, type D-306, dipilih karena sebagian besar kendaraan komersil di Jakarta menggunakan mesin disel.

c. Truk

Merk MERCEDES BENZ, type LD-911, dengan kapasitas pembebanan 5 ton.

Dari pemilihan kendaraan-kendaraan representatif diatas, kemudian ditentukan pula nilai satuan dari elemen-elemen BOK, berupa harga kendaraan, ban, bahan bakar, oli dan upah. Asumsi-asumsi yang diambil adalah :

a. Harga kendaraan

Harga kendaraan diperhitungkan dengan menambah pajak atas kendaraan tersebut. Prosentase pajak terhadap harga kendaraan untuk sedan 57,3 % , bus 6,28 % dan truk 10,2 %.

b. Harga ban kendaraan

Harga ban kendaraan yang diperhitungkan sudah termasuk pajak-pajak berupa PPN, MPO, bea impor bahan. Pajak- pajak tersebut diperhitungkan sebesar 19,4 % dari harga ban kendaraan.

c. Harga bahan bakar dan oli

Sukar menentukan harga ekonomi bahan bakar sesungguhnya, karena tidak ada data yang akurat tentang bahan bakar terutama biaya produksinya. Untuk itu diambil harga pasaran.

d. Harga upah pekerja dan pengemudi

Diasumsikan seorang pengemudi (bus dan truk) mempunyai satu isteri dan tiga anak. Demikian juga pekerja (ditempat reparasi kendaraan).

Data – data nilai satuan dapat dilihat pada tabel 2.9 yang merupakan hasil wawancara dengan dealer-dealer kendaraan di Jakarta pada bulan September 1980.

Tabel 2.9 Nilai satuan, bulan September 1980

	Financial	Economic
Price of Vehicle(Excluding Tyre) (Depreciable Value of Vehicle)	Price	Price
Passenger Car:TOYOTA CORONA 2000 cc	11,725,000	5,003,640
Bus: MERCEDES BENZ D 306	28,806,000	27,024,516
Truck: MERCEDES BENZ 911/42	17,396,000	15,624,516
	Financial	Economic
Price of One Tyre	Price	Price
Passenger Car TOYOTA CORONA 2000 cc (6.45-13)	28,000	22,568
Bus MERCEDES BENZ D 306 (8.25-20)	102,000	82,212
Truck MERCEDES BENZ 911/42 (8.25- 20)	102,000	82,212
	Financial	Economic
Fuel and Engine Oil Price (Perliter)	Price	Price
Gasoline	150	150
Diesel Oil	52.5	105
Engine Oil for Passenger Car & Motorcycle	1,350	1,080
Engine Oil for Bus & Truck	650	520
	Financial	Economic
Time Value (Wage) (Per Hour)	Price	Price
Maintenance Labour	550	550
Driver (Bus)	860	860
Driver (Truck)	500	500
Conductor (Bus)	250	250
Assistant (Truck)	200	200

2.2.3.1 Biaya Operasi Kendaraan pada Jalan tol

Elemen-elemen BOK dinyatakan dalam kecepatan rata-rata yang bervariasi (10 km/jam s/d 90 km/jam).

Jalan tol umumnya dirancang dengan standar perancangan yang tinggi dan dioperasikan dengan jalan masuk yang terkontrol. Kendaraan pada jalan tol dapat berjalan dengan lebih lancar/halus dibanding pada jalan arteri, karena perbedaan alinyemen pada jalan tol sangat kecil, disamping itu dengan jalan masuk yang terkontrol, kendaraan-kendaraan pada jalan tol tidak perlu berhenti lalu jalan lagi seperti pada jalan arteri, khususnya dipersimpangan –persimpangan.

Didasarkan pada percobaan-percobaan yang pernah dilakukan di Jepang maupun negara-negara lainnya serta Quantification of Road User's Saving oleh Mr.Jan de Weille dari IBRD, diperoleh suatu model matematis untuk penentuan biaya-biaya operasi kendaraan yang berupa persamaan-persamaan sebagai fungsi kecepatan rata-rata, sbb :

a. Persamaan konsumsi bahan bakar :

$$1. \text{ sedan } Y1 = 0,5865 S^2 - 6,50197 S + 269,02157$$

$$2. \text{ bus } Y1 = 0,1446 S^2 - 7,23401 S + 299,31225$$

$$3. \text{ truk } Y1 = 0,1348 S^2 - 15,12463 S + 592,60931$$

dengan : $Y1 =$ konsumsi bahan bakar (liter/1000 km)

$S =$ kecepatan rata-rata (km/jam)

b. Persamaan konsumsi oli mesin :

1. sedan $Y_2 = 0,00036 S^2 - 0,03897 S + 2,14048$

2. bus $Y_2 = 0,00131 S^2 - 0,15257 S + 8,30869$

3. truk $Y_2 = 0,00118 S^2 - 0,13770 S + 7,54073$

dengan : $Y_2 =$ konsumsi oli mesin (liter/1000 km)

$S =$ kecepatan rata-rata (km/jam)

c. Pemakaian Ban

1. sedan $Y_3 = 0,00052 S^2 - 0,04306 S + 0,26182$

2. bus $Y_3 = 0,00075 S^2 - 0,05839 S + 0,39091$

3. truk $Y_3 = 0,00066 S^2 - 0,05773 S + 0,32303$

dengan : $Y_3 =$ prosentase pemakaian ban (% x 1 ban / 1000 km)

$S =$ kecepatan rata-rata (km/jam)

d. Pemeliharaan (pemakaian suku cadang)

1. sedan $Y_4 = 0,00051 S + 0,05848$

2. bus $Y_4 = 0,00001 S^2 + 0,00199 S + 0,23194$

3. truk $Y_4 = 0,0000 S^2 + 0,00032 S + 0,17921$

dengan : $Y_4 =$ pemakaian suku cadang (%x depreciable value kend/1000 km)

$S =$ kecepatan rata-rata (km/jam)

e. Pemeliharaan (jam kerja dari pekerja)

1. sedan $Y_5 = 0,00362 S + 0,36267$

2. bus $Y5 = 0,02311 S + 1,97733$

3. truk $Y5 = 0,01511 S + 1,21200$

dengan : $Y5 =$ jumlah jam kerja dari pekerja (jam/1000 km)

$S =$ kecepatan rata-rata (km/jam)

f. Upah Pengemudi

1. bus $Y6 = 1000/S$

2. truk $Y6 = 1000/S$

dengan : $Y6 =$ jam perjalanan pengemudi (jam/1000 km)

$S =$ kecepatan rata-rata (km/jam)

Catatan : untuk sedan tidak diperhitungkan upah pengemudi karena dianggap dikendarai sendiri

g. Depresiasi Kendaraan

1. sedan $Y7 = 1/(2,500 S + 125)$

2. bus $Y7 = 1/(8,756 S + 350)$

3. truk $Y7 = 1/(6,129 S + 245)$

dengan : $Y7 =$ depresiasi (%x harga kendaraan/1000 km)

$S =$ kecepatan rata-rata (km/jam)

h. Asuransi

1. sedan premi = 3,70% x harga kendaraan/tahun

2. bus premi = 3,65% x harga kendaraan/tahun

3. truk premi = 4,30% x harga kendaraan/tahun

f. Overhead

1. sedan

2. bus 10 % dari subtotal biaya-biaya tersebut

3. truk 10 % dari subtotal biaya-biaya tersebut

Hasil perhitungan Biaya Operasi Kendaraan pada jalan tol dapat dilihat pada tabel dibawah 2.10.

Tabel 2.10. Akumulasi BOK pada jalan tol berdasarkan kecepatan rata-rata (Rp/1000)

KECEPATAN	BIAYA OPERASI KENDARAAN		
	sedan	bus	truck
10	476.603	1.297.609	690.438
20	559.129	1.244.597	1.657.560
25	569.300	1.234.090	1.663.144
30	584.572	1.228.022	976.618
35	604.733	1.226.126	883.216
40	629.652	1.224.477	873.377
45	695.436	1.225.948	857.704
50	693.859	1.229.229	865.530
55	732.958	1.234.177	863.773
60	776.679	1.240.697	863.378
65	825.015	1.245.913	864.298
70	877.935	1.258.195	866.515
75	935.426	1.269.095	870.004
80	997.466	1.281.392	874.753
85	1.064.039	1.295.064	874.364
90	1.310.095	1.310.095	887.976

2.2.3.2 Biaya Operasi Kendaraan pada arteri

Penentuan BOK pada arteri didasarkan pada Data Base for Estimating Vehicle Operating Cost in Development Country dari TRRL Supplementary Report 223, USA.

Jalan arteri mempunyai permukaan jalan yang tidak sebaik jalan tol, yang dirancang dengan perkerasan yang halus dan pemeliharaan yang baik. Hal ini dapat menyebabkan "running cost" yang lebih tinggi pada jalan arteri daripada jalan tol.

Dengan pertimbangan-pertimbangan diatas, beberapa elemen-elemen BOK pada jalan arteri dibandingkan BOK pada jalan tol berdasarkan kekasaran perkerasan jalan disajikan dalam tabel 2.11.

Tabel 2.11. Kekasaran Perkerasan Jalan

Jalan	Kekasaran (mm/km)
Tol	2500
Arteri	3500

Sumber : PCI

Elemen-elemen BOK yang diperhitungkan berdasarkan kekasaran tersebut adalah biaya pemeliharaan atas suku cadang dan biaya pemakaian ban, yang diperhitungkan dengan persamaan-persamaan sebagai berikut :

a. biaya suku cadang kendaraan

$$1. \text{ sedan} \quad PC = (-2,30 + 0,0018.R).K.10^{-11}.VP$$

$$2. \text{ bus} \quad PC = (-0,48 + 0,0037.R).K.10^{-11}.VP$$

$$3. \text{ truk} \quad PC = (-0,67 + 0,0006.R).0,5.K.10^{-9}.VP$$

dengan : PC= biaya suku cadang per. 1000 km

K = umur kendaraan (km)

R = kekasaran (mm/km)

VP= nilai kendaraan baru

b. pemakaian ban kendaraan

1. sedan $TC = (83 + 0,058.R).10^{-6}$

2. bus / truk $TC = (83 + 0,0112.R).10^{-7}$

dengan : TC = jumlah ban yang digunakan per 1000 km

R = kekasaran (mm/km)

L = berat total kendaraan (ton)

Dari persamaan dan nilai kekasaran yang telah ditentukan tersebut diatas, diperoleh faktor perbandingan biaya pemeliharaan (suku cadang) dan biaya pemakaian ban antara jalan arteri dan jalan tol, disajikan dalam tabel 2.12.

Tabel 2.12. Faktor Perbandingan BOK jalan tol dan Arteri

Biaya	Jenis Kendaraan	Faktor Perbandingan
Suku cadang	Sedan	1,73
	Bus	1,27
	Truk	1,26
Pemakaian ban	Sedan	1,94
	Bus	1,10
	Truk	1,10

Untuk elemen-elemen BOK lainnya diperhitungkan sama seperti pada penentuan BOK jalan tol dan setelah semua elemen-elemen BOK tersebut diakumulasikan diperoleh hasil yang disajikan dalam tabel 2.13.

Tabel 2.13 Akumulasi BOK pada Arteri berdasarkan kecepatan rata-rata (Rp/1000)

KEC.RATA-RATA	BIAYA OPERASI KENDARAAN		
	Sedan	Bus	Truk
10	190.512	484.664	326.023
20	120.166	338.219	219.052
25	103.902	307.532	194.484
30	92.231	287.167	177.169
35	83.611	273.896	164.679
40	76.958	264.784	155.520
45	71.721	258.928	148.850
50	67.830	256.747	144.938
55	65.039	256.310	142.454
60	63.147	258.201	141.621
65	62.099	262.282	142.685
70	61.736	267.823	145.105
75	62.099	275.021	148.823
80	63.123	284.123	153.799
85	64.918	294.070	160.193
90	67.214	305.950	168.025

2.2.4 Biaya Waktu

Biaya waktu diperkirakan berdasarkan teori Herbert Mohring yang dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut :

$$C = F \cdot (S, N, Z) + \frac{P}{S \cdot (S^*, N, Z)} \dots \dots \dots (2.2)$$

Dengan : C = biaya total operasi perjalanan (Rp/jam)

F = biaya perjalanan tanpa biaya waktu (Rp/jam)

P = nilai waktu pemakai jalan (Rp/jam)

S = nilai waktu pemakai jalan (Rp/jam)

S^* = kecepatan perjalanan yang dikehendaki pengemudi (km/jam)

Z = faktor-faktor lainnya

N = Volume lalu-lintas

Pada jaringan jalan perkotaan, pertumbuhan lalu-lintas akan diikuti oleh pembangunan jalan baru dan kerapatan lalu-lintas rata-rata tidak akan bervariasi banyak pada rute-rute yang berbeda. Pada keadaan seperti ini diasumsikan bahwa perbedaan antara S dan S^* , sedang faktor N dan Z dianggap tidak begitu berpengaruh bagi biaya perjalanan. Maka persamaan dapat disederhanakan menjadi:

$$C = F(S) + P/S \dots\dots\dots(2.3)$$

Berdasarkan persamaan dan asumsi tersebut diatas serta analisis biaya operasi kendaraan, diperkirakan nilai waktu untuk masing-masing jenis kendaraan (sedan, bus, truk) disajikan dalam tabel 2.14.

Tabel 2.14 Nilai Waktu Tahun 1980 (Rp/kend.jam)

Jenis Kendaraan	Nilai Waktu	
	Ekonomis	Financial
Sedan	2800	4100
Bus	8460	9600
Truk	5760	7200

Sumber : PCI

2.2.5 Perhitungan Keuntungan

Keuntungan dari proyek JIUT ini berupa penghematan biaya operasi kendaraan dan penghematan biaya waktu yang diperhitungkan dari selisih biaya operasi kendaraan dan selisih biaya waktu antara kondisi dengan proyek dan tanpa proyek.

Perhitungan Biaya Operasi Kendaraan (BOK) total dan biaya waktu (BW) total dirumuskan sebagai berikut :

$$\text{BOK tot} = 365 \cdot (\text{JP}_S \cdot \text{BOK}_S + \text{JP}_t \cdot \text{BOK}_t + \text{JP}_b \cdot \text{BOK}_b)$$

$$\text{BW tot} = 365 \cdot (\text{WP}_S \cdot \text{NW}_S + \text{WP}_t \cdot \text{NW}_t + \text{WP}_b \cdot \text{NW}_b)$$

Dengan :

BOK tot = biaya operasi kendaraan total selama satu tahun (Rp/tahun)

BW tot = biaya waktu total selama satu tahun (Rp/tahun)

$\text{JP}_S, \text{JP}_t, \text{JP}_b$ = jarak perjalanan dari sedan, truk, bus (kend. Km/hari)

$\text{WP}_S, \text{WP}_t, \text{WP}_b$ = waktu perjalanan dari sedan, truk, bus (kend.jam/hari)

$\text{NW}_S, \text{NW}_t, \text{NW}_b$ = nilai waktu dari sedan, truk, bus (Rp/kend.jam)

$\text{BOK}_S, \text{BOK}_t, \text{BOK}_b$ = biaya operasi kendaraan dari sedan, truk, bus berdasarkan kecepatan (Rp/kend.km)

Dari hasil "traffic assignment" diperoleh jarak perjalanan (JP) dan waktu perjalanan (WP) . Sedang kecepatan rata-rata pada masing-masing jalan tersebut (Jalan tol dan Arteri) ditentukan untuk kondisi dengan proyek dan tanpa proyek pada tahun-tahun 1985,1990 dan 2000 (tabel 2.15). Dengan demikian dapat diketahui

biaya operasi kendaraan pada kecepatan rata-rata tersebut untuk sedan, truk dan bus (BOK_S , BOK_t , BOK_b) dari analisa BOK berdasarkan kecepatan.

Tabel 2.15 Jarak Perjalanan dan Waktu Perjalanan Harian Pemakai JIUT

	Jarak Perjalanan (kend.km/hari x 1000)			Waktu Perjalanan (kend.jam/hari x 1000)		
	1985	1990	2000	1985	1990	2000
A.Dengan proyek	1,519	2,027	3,145	59,5	68,2	105,3
B.Tanpa Proyek	1,678	2,137	-	46,7	50,2	-
	1,677	2,055	3,060	45,2	46,7	82,0

Catatan : A = hanya SW-ARC

B = SW-ARC dan NS-LINK

Tabel 2.16 Kecepatan Rata-Rata pada Jaringan Jalan (km/jam)

	Jalan tol			Arteri		
	1985	1990	2000	1985	1990	2000
Dengan proyek						
Sedan	80	80	75	35	30	25
Truk	70	70	70	35	30	25
Bus	70	700	70	35	30	25
Tanpa proyek						
Sedan	80	80	75	35	25	25
Truk	70	70	70	35	25	25
Bus	70	70	70	35	25	25

Dengan menggunakan rumus BOK_{tot} dan Bw_{tot} tersebut diatas diperoleh biaya pemakai JIUT ($BOK + BW$) pertahun dan keuntungan pertahun berdasarkan harga tahun 1980 (lihat tabel 2.17).

Tabel 2.17 Biaya dan Keuntungan Pemakai JIUT terhadap Operasi Kendaraan dan Waktu dalam Harga Tahun 1980 (juta rupiah/tahun)

	Operasi Kendaraan			Waktu		
	1985	1990	2000	1985	1990	2000
Biaya						
Tanpa Proyek	238,080	278,788	448,066	69,387	82,535	141,443
Dengan Proyek	225,967	258,028	-	60,666	65,476	-
	207,026	242,309	347,124	52,333	54,564	109,716
Keuntungan						
Tanpa Proyek	-	-	-	-	-	-
Dengan Proyek	12,113	20,760	-	8,721	17,059	-
	31,054	36,479	73,942	17,054	27,971	31,727

Sedang keuntungan yang diperoleh akibat penghematan BOK dan BW tiap tahun sejak dioperasikannya proyek tersebut diperoleh dengan cara "present worth factor" dari keuntungan tahun 1985 atau 1990 dapat dilihat pada tabel 2.18 dan 2.19.

Tabel 2.18 Keuntungan tahunan dari biaya operasi kendaraan tiap segmen pertahun

Dalam nilai tahun 1980 (Juta Rupiah)

Tahun	S-W ARC	N-S LINK	Total
1985	-	-	-
1986	-	-	-
1987	15,572	-	15,572
1988	17,301	-	17,301
1989	19,031	-	19,031
1990	20,760	-	20,760
1991	27,375	12,850	40,225

Lanjutan tabel 2.18

1992	29,616	14,356	43,972
1993	31,857	15,861	47,718
1994	34,098	17,366	51,464
1995	36,340	18,871	55,211
1996	38,581	20,376	58,957
1997	40,822	21,881	62,703
1998	43,063	23,386	66,449
1999	45,304	24,892	70,196
2000	47,545	26,397	73,942
2001	65,455	24,579	90,034
2002	68,451	25,704	94,155
2003	71,447	26,829	98,276
2004	74,443	27,954	102,397
2005	77,439	29,079	106,518
2006	80,434	30,205	110,639
2007	83,431	31,329	114,760
2008	86,426	32,454	118,880
2009	89,422	33,579	123,001
2010	92,418	34,704	127,122
2011	95,414	35,829	131,243

Tabel 2.19 Keuntungan tahunan dari biaya waktu tiap segmen pertahun

Dalam nilai tahun 1980 (Juta Rupiah)

Tahun	S-W Arc	N-S Link	Total
1985	-	-	-
1986	-	-	-
1987	12,056	-	12,056
1988	13,724	-	13,724
1989	15,391	-	15,391
1990	17,059	-	17,059
1991	19,385	8,962	28,347

Lanjutan tabel 2.19

1992	19,498	9,224	28,722
1993	19,610	9,488	29,098
1994	19,723	9,750	29,473
1995	19,836	10,013	29,849
1996	19,949	10,276	30,225
1997	20,062	10,538	30,600
1998	20,174	10,802	30,976
1999	20,287	11,064	31,351
2000	20,400	11,327	31,727
2001	43,904	16,486	60,390
2002	44,231	16,609	60,840
2003	44,559	16,732	61,291
2004	44,887	16,855	61,742
2005	45,214	16,979	62,193
2006	45,542	17,101	62,643
2007	45,869	17,225	63,094
2008	46,197	17,348	63,545
2009	46,525	17,470	63,995
2010	46,852	17,594	64,446
2011	47,180	17,717	64,897

2.2.6 Evaluasi

1. "Net Present Value" (NPV)

Merupakan perhitungan selisih antara keuntungan dengan biaya berdasarkan nilai pada "base year". NPV dirumuskan sebagai berikut :

$$NPV = Bo - Co$$

Dimana : Bo = total keuntungan pada "base year"

Co = total biaya pada "base year"

Suatu proyek dikatakan layak jika mempunyai nilai NPV > 0. Perhitungan NPV ini dilakukan dengan mengambil tahun 1980 sebagai "base year" dengan

menggunakan discount rate (i) 10 % dan 15 % . Untuk menghitung biaya dan keuntungan pada “base year” digunakan “ present worth factor” sebagai berikut :

$$B_0 = 1 / (1 + i)^n \cdot B_n$$

$$C_0 = 1 / (1 + i)^n \cdot C_n$$

Dengan : B_n = nilai keuntungan pada tahun n

C_n = nilai biaya pada tahun n

i = “discount rate”

Nilai keuntungan pada tahun n diperoleh dari keuntungan tiap tahun akibat biaya operasi kendaraan dan waktu (lihat tabel 2.18 dan 2.19). Hasil perhitungan “Present Value” dari keuntungan dan cost pada tahun 1980 dan hasil perhitungan Net Present Value dapat dilihat pada tabel 2.20.

Tabel 2.20 Perhitungan Net Present Value

	SW-ARC		NS-LINK		TOTAL	
	10%	15%	10%	15%	10%	15%
Keuntungan BOK	191.716	89.851	71.810	31.433	263.586	121.284
Keuntungan BW	116.284	56.555	39.949	17.636	156.233	74.191
Keuntungan Total	308.000	146.406	111.819	49.069	419.819	195.475
Biaya Konstr.	72.572	61.795	47.742	34.406	120.314	96.201
Biaya keuntungan.	10.777	5.878	4.031	4.886	14.809	7.765
Biaya Total	83.349	67.673	51.773	36.292	135.723	103.966
NPV	224.650	78.732	60.045	12.775	284.095	91.508

2. "B / C Ratio"

Merupakan nilai perbandingan dari keuntungan dan biaya dari proyek selama usia pelayanan. B/ C Ratio dirumuskan sebagai berikut :

$$B / C \text{ Ratio} = B_o / C_o$$

Dengan : B_o = total keuntungan pada tahun dasar

C_o = total biaya pada tahun dasar

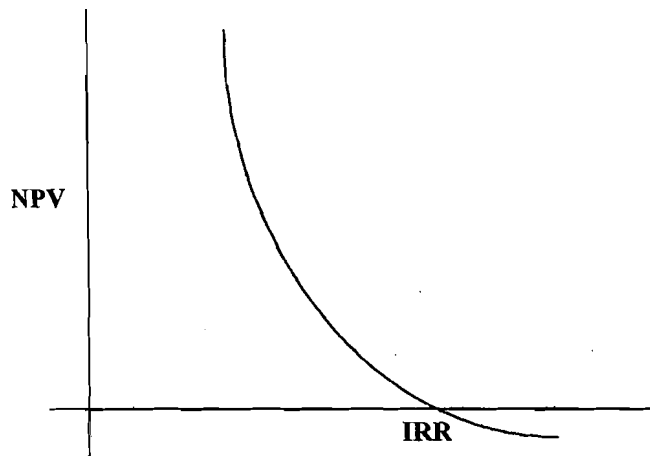
Suatu proyek dikatakan layak jika mempunyai nilai B/C Ratio > 1 . Hasil perhitungan B/C Ratio disajikan dalam tabel 2.21.

Tabel 2.21 Perhitungan B/C Ratio

	SW-ARC		NS-LINK		TOTAL	
	10%	15%	10%	15%	10%	15%
Keuntungan total	308.000	146.406	118.819	49.069	419.819	195.475
Biaya Konstr. Total	83.349	67.673	51.773	36.293	135.723	103.966
B/C RATIO	3.69	2.16	2.16	1.35	3.12	1.89

3. "Internal Rate of Return" (IRR)

Merupakan alat ukur ("indikator") kembalinya modal setelah usia pelayanan tercapai. Perhitungan dilakukan dengan mencoba beberapa nilai i ("discount rate") sehingga diperoleh kurva antara i versus NPV yang tidak linier, kemudian dicari titik pertemuan kurva dengan sumbu i atau sumbu dimana harga NPV = 0.



Gambar 2.1 Kurva perhitungan IRR

Hasil perhitungan IRR disajikan dalam tabel 2.22.

Tabel 2.22 Hasil perhitungan IRR

SEGMENT	IRR
- SW - ARC	26.0 %
- NS - LINK	18.9 %
- TOTAL	24.6 %

2.2.7 "Sensitivity Analysis"

Perkiraan keuntungan dari pemakai jalan dan biaya-biaya proyek tidak selalu tepat (pasti). Turunnya pemakai jalan akan menurunkan keuntungan, berkurangnya mutu konstruksi akan memperpendek umur pelayanan, dsb. Sejauh mana keuntungan boleh turun atau sejauh mana biaya boleh naik diuji dengan "Sensitivity Analysis". Pada "Sensitivity Analysis" ini ditinjau pengaruh perubahan biaya waktu dan penundaan pembangunan terhadap IRR dan B / C Ratio. Hasil "Sensitivity Analysis" disajikan dalam tabel 2.23.

Tabel 2.23 Hasil Sensitivity Analisis

a. Jika biaya waktu hanya 30 % dari perhitungan semula

SEGMENT	B/C RATIO		IRR
	10 %	15%	
SW - ARC	2,72	1,58	19,9 %
NS - LINK	1,62	1,01	15,2 %
TOTAL	2,30	1,38	19,1 %

b. Jika biaya waktu hanya 50 % dari perhitungan semula

SEGMENT	B/C RATIO		IRR
	10 %	15%	
SW - ARC	3,00	1,75	22,3 %
NS - LINK	1,77	1,11	16,8 %
TOTAL	2,53	1,52	19,9 %

c. Jika pembangunan NS – LINK ditunda 5 tahun

SEGMENT	B/C RATIO		IRR
	10 %	15%	
SW - ARC	2,91	1,69	21,5 %
NS - LINK	2,23	1,42	19,6 %
TOTAL	2,72	1,63	21,0 %

2.3. Pembahasan

Perkembangan jumlah penduduk DKI Jakarta dan peningkatan sosial ekonominya yang cukup pesat mendorong timbulnya perjalanan, khususnya perjalanan darat. Hasil dari analisis ekonomi yang menunjukkan perkembangan ekonomi dan pertumbuhan populasi yang pesat maka pembangunan JIUT ini merupakan hal mutlak yang harus dilaksanakan.

Pada perhitungan Biaya Operasi Kendaraan (BOK) penulis tidak sepakat dengan konsultan mengenai pemilihan kendaraan sedan TOYOTA CORONA 2000 cc dengan anggapan karena sekitar 33% kendaraan yang sedang diproduksi di Indonesia umumnya merk TOYOTA, karena pada masa itu pemakaian kendaraan sedan berkapasitas mesin besar masih sangat jarang dan kebanyakan orang lebih menyukai kendaraan dengan kapasitas mesin yang lebih kecil yang berkisar antara 1000 cc - 1500cc karena tidak boros. Biaya Operasi Kendaraan (BOK) pada jalan tol lebih besar dari jalan arteri. Besarnya BOK pada jalan tol ini dapat mengakibatkan pemakai jalan cenderung untuk tidak menggunakan jalan tol , walaupun sebenarnya penggunaan jalan tol lebih efektif dari segi waktu terutama truk, karena akan mengalami kerugian bila BOK lebih besar. Bila dihitung perkilometer maka BOK pada jalan tol lebih besar. Proyek Jakarta Intra Urban Tollway (JIUT) dari segi kebutuhan untuk transportasi harus dilaksanakan, sedangkan dari segi biaya operasi kendaraan merugikan. Pemakaian konsumsi Bahan Bakar Minyak (BBM) lebih irit pada kecepatan 55 km/jam , tetapi pada jalan tol yang dirancang untuk kecepatan tinggi hal ini tidak berlaku. Kecepatan rendah bagi kendaraan penumpang tidak

Suatu proyek dikatakan layak jika mempunyai nilai $B / C \text{ Ratio} > 1$. Dari hasil perhitungan $B / C \text{ Ratio}$ menunjukkan nilai > 1 sehingga proyek dapat layak dilaksanakan.

Dari hasil perhitungan IRR menunjukkan nilai > 0 sehingga proyek dianggap layak untuk dilaksanakan.

Evaluasi proyek selalu berhadapan dengan masa mendatang atau Futurita. Penerimaan atau manfaat yang akan diperoleh adalah untuk masa mendatang, sehingga banyak hal-hal atau perubahan-perubahan yang terjadi. Kenaikan harga jual bahan-bahan konstruksi yang akan mempengaruhi penerimaan, kenaikan tingkat inflasi yang mempengaruhi "discount rate", berfluktuasinya bunga setiap tahun. Pada proyek pembangunan Simpang Grogol ini dari hasil perhitungan "Sensitivity Analysis" dan dibandingkan dengan perhitungan semula, jika proyek ditunda pembangunannya dan biaya waktu dikurangi besarnya nilai $B/C \text{ ratio}$ dan IRR menjadi lebih kecil yang akan menurunkan keuntungan yang akan diperoleh. Dari hasil perbandingan diatas maka agar keuntungan yang diperoleh tidak menurun pembangunan proyek ini harus cepat dilaksanakan.

BAB III

ANALISIS LALU LINTAS

3.1. Umum

Dalam perancangan sistem transportasi perkotaan, khususnya sistem jaringan jalan, pergerakan manusia merupakan faktor yang penting, sebab angkutan manusia merupakan transportasi yang dominan dalam sistem transportasi perkotaan. Akan tetapi hal ini bukan berarti pergerakan barang dapat diabaikan, maka pada perencanaannya perlu diadakan peramalan-peramalan mengenai pergerakan manusia dan barang. Pada Jakarta Intra Urban Tollway (JIUT), dimana simpang Grogol termasuk didalamnya, pergerakan manusia yang paling dominan adalah pergerakan pekerja. Untuk memenuhi keperluan tersebut diatas, maka analisis lalu-lintas perlu dilaksanakan.

Analisis lalu-lintas ini meliputi, pertama inventarisasi, yaitu mengumpulkan informasi-informasi mengenai keadaan lalu-lintas sekarang untuk memperoleh keterangan yang diperlukan bagi ramalan-ramalan yang akan datang dengan melakukan survai lalu-lintas. Kedua, mengadakan peramalan-peramalan lalu-lintas yang didasarkan pada perkembangan penduduk, ekonomi dan pola tata guna tanah. Peramalan ini meliputi beberapa tahap, yaitu "trip generation", "trip distribution", "modal split" dan "traffic assignment". Ketiga, penentuan jumlah lajur lalu-lintas yang memenuhi traffic assignment.

Hasil dari analisis lalu -lintas ini adalah volume lalu-lintas yang membebani jaringan dan jumlah jalur lalu-lintas yang akan digunakan untuk keperluan perencanaan selanjutnya seperti, perencanaan geometrik, tebal perkerasan dan sebagainya.

3.2 Survai Lalu Lintas

Data-data lalu lintas yang dibutuhkan untuk perencanaan JIUT diperoleh dengan melaksanakan beberapa survai lalu-lintas, yaitu :

1. Survai asal tujuan (“O/D survey”)
2. Survai jumlah kendaraan (“Traffic Count Survey”)
3. Survai kecepatan kendaraan

Hasil dari survai-survai tersebut di atas, seperti pola perjalanan, jumlah kendaraan dan distribusi jenis kendaraan, setelah diolah akan memberikan gambaran umum mengenai kondisi lalu lintas pada awal perencanaan.

3.2.1. Perhitungan Lalu Lintas

Survai ini dilaksanakan guna mendapatkan volume, fluktuasi dan klasifikasi lalu lintas pada ruas “SW-ARC” serta kalibrasi terhadap matriks asal tujuan yang diperoleh dari survai asal tujuan. Selain itu juga dari survai ini akan dapat ditentukan pola perjalanan pada persimpangan .

3.2.1.1 Lokasi pengamatan

Perhitungan jumlah kendaraan dilakukan dibeberapa lokasi dan waktunya adalah antara tanggal 19 mei sampai dengan tanggal 5 juni 1980. Setiap harinya survai tersebut dilakukan :

1. antara jam 06.00 s/d 18.00 untuk lokasi-lokasi dimana variasi lalu-lintasnya yang efektif diperkirakan hanya terjadi pada interval 12 jam saja.
2. antara jam 06.00 s/d 06.00 untuk lokasi-lokasi yang volume lalu-lintasnya diperkirakan dapat dilihat jelas selama 24 jam.

3.2.1.2 Klasifikasi kendaraan yang diamati

Kendaraan yang diamati dikategorikan dalam 6 tipe sesuai dengan klasifikasi Bina Marga yaitu :

1. Sepeda motor, scooter, sepeda kumbang
2. Sedan, station wagon, jeep
3. Pick up, micro truck, mobil antaran
4. Truk, truk gandengan, truk tanki, dan trailer
5. Opelet, suburban, combi
6. Bus dan mikro bus

3.2.2 Survei Asal Tujuan ("O- D survey")

Survai ini melakukan penelitian terhadap perjalanan-perjalanan penumpang dan pergerakan kendaraan dalam suatu area tertentu. Survai asal tujuan menghasilkan suatu data yang menunjukkan pada saat tertentu, asal dan tujuan dari semua jenis angkutan serta banyaknya masing-masing jenis angkutan tersebut.

3.2.2.1 Metoda survai

Metoda yang digunakan pada survai ini adalah metoda kartu pos, dengan pertimbangan untuk menjaga kelancaran arus lalu-lintas pada saat survai dilaksanakan. Kartu pos yang berisi pertanyaan-pertanyaan serta petunjuknya dibagikan kepada pengendara yang melewati pos pengamatan pada ruas "SW-ARC". Kemudian dalam waktu satu minggu setelah pembagian kartu pos, pengendara-pengendara yang menerima kartu pos tersebut diharapkan telah mengembalikan kartu posnya dengan ongkos yang ditanggung oleh Dit. Jend. Bina Marga.

3.2.2.2 Lokasi dan Waktu Survai

Lokasi-lokasi pengamatan untuk survai Asal-Tujuan yaitu pada lokasi-lokasi Halim, Cawang, Tebet, Mampang, Kuningan, Semanggi, Senayan, Pejompongan, Tomang, Senen, Grogol.

Pembagian kartu pos dilaksanakan dengan dua cara, yaitu:

1. Pada 30% persimpangan, kartu dibagikan oleh pensurvei pada saat kendaraan berhenti karena lampu merah.
2. Pada lokasi lainnya, kendaraan diberhentikan sesaat dengan bantuan polisi pada keadaan arus bebas dan kemudian kartu pos diberikan pada pengendara.

Tiap persimpangan diamati dalam periode 24 jam dan seluruh persimpangan selesai diamati dalam waktu 4 hari. Jadwal pelaksanaan survai dibuat dalam bentuk tabel (lihat tabel 3.1), jumlah kartu pos yang dikembalikan dan dibagikan juga dibuat dalam bentuk tabel (lihat tabel 3.2).

Pemilihan lokasi dan waktu pengamatan didasari oleh pertimbangan efisiensi biaya dan waktu serta kemungkinan tercakupnya semua pergerakan di DKI Jakarta untuk keperluan perencanaan JIUT.

Tabel 3.1 Jadwal survai Asal-Tujuan dan survai jumlah kendaraan

Group	Simpang	Lama Survai	Dimulai pada
1	Halim Cawang Kuningan	24 jam	10.00, Minggu 1 Juni 1980
2	Tebet Mampang Senayan	24 jam	10.00, Senin 1 Juni 1980
3	Semanggi Tomang	24 jam	10.00, Selasa 1 Juni 1980
4	Pejompongan Slipi Grogol	24 jam	10.00, Rabu 4 Juni 1980

Sumber : PCI

Tabel 3.2. Distribusi kartu survai pada Simpang Grogol

	Volume L.L	Distr kartu	% distr	Kartu kembali	% kembali
Motor	22.174	7.792	35,1	437	5,6
Sedan	36.507	20.663	56,6	1.138	5,5
Microtruk	8.363	6.444	77,1	238	3,7
Truk	6.577	4.563	69,4	102	2,2
TOTAL	73.621	39.462	53,6	1.915	4,9

Sumber : PCI

3.2.2.3 Hasil Survai

Dari hasil survai asal-tujuan ini akan didapatkan jumlah dan jenis kendaraan berdasarkan jenis perjalanan yang dilakukan dalam bentuk matriks asal-tujuan. Matriks asal-tujuan dapat dilihat pada tabel 3.3 dan 3.4.

Tabel 3.3 Matriks asal tujuan (pagi hari/jam puncak)

Trip Purpose	Motorcycle		Sedan		Light Truck		Heavy Truck		Total	
	Vehicle	%	Vehicle	%	Vehicle	%	Vehicle	%	Vehicle	%
1	16,496	84.2	25,905	76.3	2,699	66.5	722	42.6	45,822	77.2
2	1,377	7.0	2,600	7.7	66	1.6	5	0.3	4,048	6.8
3	13	0.1	317	0.9	53	1.3	153	9.0	536	0.9
4	323	1.6	1,076	3.2	203	5.0	34	2.0	1,636	2.8
5	163	0.8	489	1.4	86	2.1	0	0.0	738	1.2
6	468	2.4	1,364	4.0	105	2.6	55	3.2	1,992	3.3
7	241	1.2	453	1.3	740	18.2	680	40.1	2,114	3.6
8	383	2.0	1,664	4.9	96	2.4	0	0.0	2,143	3.6
9	119	0.6	100	0.3	10	0.2	47	2.8	276	0.5
10	19,583	100.0	33,968	100.0	4,058	100.0	1,696	100.0	59,305	100.0
1	16,494	84.2	25,905	76.2	2,698	66.5	723	42.6	45,802	77.2
2	1,384	7.1	2,605	7.7	67	1.6	5	0.3	4,061	6.8
3	13	0.1	319	0.9	53	1.3	152	9.0	537	0.9
4	325	1.7	1,076	3.2	203	5.0	34	2.0	1,638	2.8
5	163	0.8	490	1.4	86	2.1	0	0.0	739	1.2
6	464	2.4	1,368	4.0	105	2.6	55	3.2	1,992	3.4
7	241	1.2	454	1.3	742	18.3	680	40.1	2,117	3.6
8	385	2.0	1,664	4.9	96	2.4	0	0.0	2,145	3.6
9	119	0.6	100	0.3	10	0.2	47	2.8	276	0.5
10	19,588	100.0	33,981	100.0	4,060	100.0	1,696	100.0	59,325	100.0



Keterangan :

Trip Purpose:

- | | |
|-------------------------|-------------------|
| 1. To Work | 6. Returning Home |
| 2. To School/University | 7. Cargo Delivery |
| 3. To Shopping | 8. Others |
| 4. To Business/Meeting | 9. Unknown |
| 5. To Social/Recreation | 10. Total |

Tabel 3.4. Matriks asal tujuan (harian)

Trip Purpose	Motorcycle		Sedan		Light Truck		Heavy Truck		Total	
	Vehicle	%	Vehicle	%	Vehicle	%	Vehicle	%	Vehicle	%
1	58,376	50.0	100,034	42.5	14,879	37.8	6,250	31.9	179,539	43.7
2	9,563	8.2	17,611	7.5	1,093	2.8	591	3.0	28,858	7.0
3	2,863	2.5	6,435	2.7	848	2.2	416	2.1	10,562	2.6
4	5,453	4.7	19,736	8.4	1,942	4.9	471	2.4	27,602	6.7
5	2,998	2.6	10,268	4.4	841	2.1	95	0.5	14,202	3.5
6	26,357	22.6	54,241	23.1	5,679	14.4	1,449	7.4	87,726	21.4
7	3,068	2.6	6,852	2.9	11,972	30.4	9,063	46.2	30,955	7.5
8	7,299	6.3	19,294	8.2	1,872	4.7	601	3.1	29,066	7.1
9	718	0.6	710	0.3	257	0.7	660	3.4	2,345	0.6
10	116,695	100.0	235,181	100.0	39,383	100.0	19,596	100.0	410,855	100.0
1	58,378	50.0	100,122	42.6	14,878	37.8	6,252	31.9	179,630	43.7
2	9,565	8.2	17,620	7.5	1,096	2.8	592	3.0	28,873	7.0
3	2,862	2.5	6,444	2.7	847	2.2	416	2.1	10,569	2.6
4	5,455	4.7	19,734	8.4	1,942	4.9	473	2.4	27,604	6.7
5	2,996	2.6	10,264	4.4	839	2.1	95	0.5	14,194	3.5
6	26,359	22.6	54,243	23.1	5,680	14.4	1,448	7.4	87,730	21.3
7	3,070	2.6	6,849	2.9	11,972	30.4	9,059	46.2	30,950	7.5
8	7,300	6.3	19,294	8.2	1,873	4.7	602	3.1	29,069	7.1
9	716	0.6	712	0.3	258	0.7	662	3.4	2,348	0.6
10	116,701	100.0	235,282	100.0	39,385	100.0	19,599	100.0	410,967	100.0

3.2.3 Survei Kecepatan Kendaraan

Survei kecepatan kendaraan dilakukan untuk mendapatkan informasi yang tepat mengenai kecepatan kendaraan dan halangan lalu-lintas yang ada pada bagian utama dari jaringan jalan di DKI Jakarta. Survei ini diperlukan untuk mengevaluasi keadaan tingkat pelayanan dari jaringan jalan dan untuk mengurangi atau bahkan menghilangkan hambatan-hambatan lalu-lintas yang ada.

3.2.3.1 Metoda Survei

Survei kecepatan kendaraan terdiri dari 2 jenis survei, yaitu survei kecepatan perjalanan dan survei kelambatan. Keduanya dilaksanakan dalam dua periode :

Periode 07.00 s/d 09.00

Periode ini adalah periode jam sibuk dimana arus lalu-lintas diperkirakan mencapai maksimum sehingga dapat diperoleh data kecepatan yang terendah serta penyebab-penyebabnya.

Periode 13.00 s/d 15.00

Periode ini adalah periode diluar jam sibuk dimana arus lalu-lintas diperkirakan masih sesuai dengan tingkat pelayanannya sehingga data kecepatan yang diperoleh adalah kecepatan normalnya.

Team survei terdiri dari seorang pengemudi dan 2 orang pengamat yang pekerjaannya meliputi :

- 1.Mengukur jarak dan waktu perjalanan pada ruas pengamatan
- 2.Mengukur lamanya waktu berhenti dan mencatat penyebabnya ketika kendaraan uji terpaksa berhenti

3. Pengemudi diinstruksikan untuk menjalankan kendaraan sesuai dengan kecepatan yang telah ditentukan

Untuk memudahkan pencatatan, hambatan lalu-lintas dikategorikan sebagai berikut :

1. Lampu lalu-lintas
2. Persimpangan kereta api
3. Belok kanan
4. Hambatan transportasi umum
5. Menurunkan penumpang
6. Kepadatan lalu-lintas
7. Hambatan lainnya

3.2.3.2 Analisis dan Hasil

Besarnya kecepatan didapat dengan membagi besarnya jarak pengamatan dengan waktu yang dicatat kendaraan survai untuk tiap-tiap bagian jalan, harga-harga yang didapat dirata-ratakan. Hasil akhir untuk seluruh area, bobot rata-rata pada bagian jalan yang berbeda-beda didasarkan pada panjangnya, bukan berdasarkan volume lalu-lintasnya. Hasil survai kecepatan kendaraan dapat dilihat pada tabel 3.5. Hasil survai hambatan terhadap kendaraan dapat dilihat pada tabel 3.6.

Tabel 3.5 Hasil survai kecepatan kendaraan jam 07.00 s/d 09.00 , januari 1981

Jarak Total	272.4 km
Waktu Perjalanan Total	10 jam 5 menit 22 detik
Waktu Berhenti Total	1 jam 28 menit 27 detik
Waktu Bergerak Total	8 jam 36 menit 55 detik
Kecepatan Perjalanan	27 km/jam
Kecepatan Rata-rata	31.6 km/jam

Tabel 3.6. Hasil Survai Hambatan Terhadap Kendaraan

No	Penyebab Hambatan	Waktu (detik)	% thd Waktu Total	Frekwensi
1	Lampu Lalu lintas	3.112	58,6	94
2	Persilangan KA	40	0,8	1
3	Membelok kekanan	436	8,2	22
4	Publik Transport	593	11,2	28
5	Naik/Turun muatan	0	0	0
6	Kepadatan lalu lintas	723	13,6	27
7	Hambatan lainnya	403	7,6	4
	TOTAL	5307	100	127

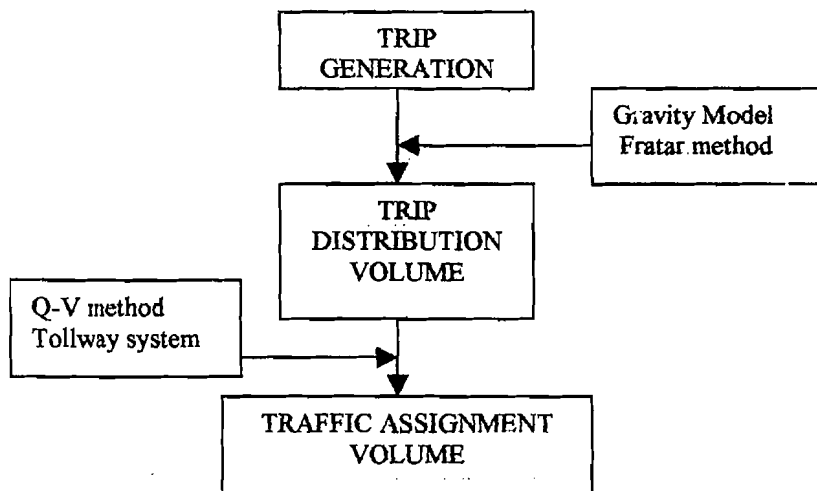
3.3 Proyeksi Lalu-Lintas

Memproyeksikan lalu-lintas pada tahun tertentu di masa datang tidaklah mudah, tetapi lalu-lintas dapat diramalkan dengan ketetapan yang pantas kalau data-data lalu-lintas baru dan lama didapat. Adapun komponen dari lalu-lintas yang akan datang yaitu : Lalu-lintas pada waktu sekarang, Penambahan lalu-lintas ("Traffic Increase") dan Pengembangan lalu-lintas.

Volume lalu-lintas pada JIUT diperkirakan berdasarkan arus lalu-lintas atau pergerakan yang dapat dibangkitkan karena adanya pembangunan jaringan jalan baru ("trip generation").

Konsep dasar yang digunakan untuk peramalan volume lalu-lintas adalah sbb (lihat gambar3. 1) :

1. Perkiraan "Trip Generation" :
 - a. Perkiraan perjalanan manusia ("person trip") yang terutama disebabkan oleh para pekerja ("commuting person").
 - b. Perkiraan perjalanan barang ("cargo trip")
2. Distribusi lalu-lintas atau pergerakan berdasarkan "Gravity Model".
3. Perkiraan volume lalu-lintas yang akan membebani jaringan jalan ("Traffic Assignment") berdasarkan "Q-V limitation method" dan sistem tol.



Gambar 3.1 Diagram Aliran untuk Peramalan Lalu-lintas

3.3.1 Lalu-lintas Pada Waktu Sekarang

Lalu-lintas waktu ini adalah volume lalu-lintas yang akan mempergunakan jalan baru atau yang diperbaiki kalau jalan dibuka untuk lalu-lintas. Dalam hal perbaikan jalan yang telah ada, lalu-lintas pada waktu sekarang adalah lalu-lintas yang mempergunakan jalan sebelum ada perbaikan, ditambah lalu-lintas yang tertarik sesudah jalan selesai diperbaiki. Dalam hal jalan baru, lalu lintas pada waktu ini adalah keseluruhan dari lalu-lintas yang tertarik.

Untuk memperkirakan besarnya lalu-lintas yang tertarik dari jalan lama ke jalan baru dilakukan dengan "Traffic Assignment Method". Metode ini adalah penentuan volume lalu-lintas yang akan menggunakan suatu jaringan jalan. Dalam distribusi perjalanan antar zone, yang berupa perjalanan kendaraan, masih belum diketahui volume lalu-lintas yang akan menggunakan jalan tertentu, untuk itu perlu dilakukan traffic assignment. Pada JIUT "Traffic Assignment Method" dilakukan untuk jalan tol dan arteri.

3.3.2 Penambahan Lalu- Lintas ("Traffic Increase")

Penambahan lalu-lintas yang akan datang dapat disebabkan oleh :

1. Pertumbuhan lalu-lintas normal ("Normal Traffic Growth")

Penambahan volume lalu-lintas yang akan disebabkan oleh bertambahnya jumlah pemakai kendaraan.

2. Bangkitan Perjalanan ("Trip Generation")

Untuk memperkirakan bangkitan perjalanan dilaksanakan dua macam analisis yaitu :

a. Analisis perjalanan manusia ("Person Trip")

“Person Trip” dalam analisis lalu-lintas adalah perjalanan yang dilakukan oleh manusia. Perjalanan manusia bisa mempunyai berbagai macam tujuan seperti untuk bekerja, berbelanja, dan sebagainya. Dalam analisis ini “person trip” kita bagi menjadi “commuting trip” dan “all purpose trip”, sesuai dengan tujuan perjalanan manusia tersebut.

“Commuting Trip” dibagi atas 38 zone (lihat bab II), diperhitungkan menurut prosedur :

1. Memperkirakan populasi ekonomis pada sektor Industri dan sektor Administrasi.(lihat bab 2)
2. Memperkirakan “commuting person” yang dapat menimbulkan “commuting trip” pada tiap zone. “Commuting person” ini diperoleh dari populasi ekonomis pada sektor Industri dan sektor Administrasi dikalikan dengan faktor-faktor berdasarkan hari kerja efektif dan kondisi zone.
3. Menghitung “commuting trip” sebagai berikut :

$$G_j = V_j - W_j \dots\dots\dots (3.1)$$

Dengan :

G_j = commuting trip antar zone yang dapat dibangkitkan dari zone j.

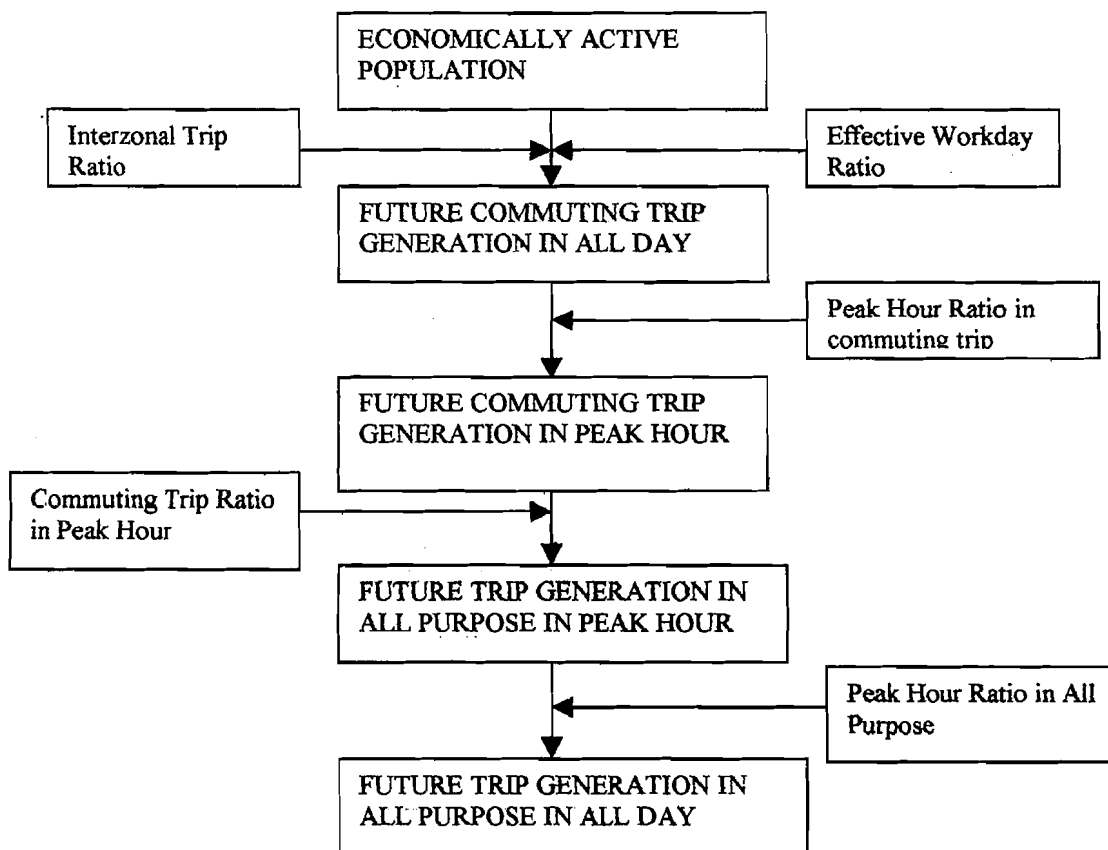
V_j = populasi ekonomis pada sektor Industri dan Administrasi serta tinggal di zone j

W_j = commuting person pada sektor Industri dan Administrasi di zone j

“All Purpose Trip” di sini adalah perjalanan yang terdiri dari semua jenis perjalanan, tidak hanya perjalanan untuk bekerja saja. “All Purpose Trip” ini diperhitungkan dari “commuting trip” dengan cara mengalikan “commuting trip” tersebut dengan suatu angka tertentu disebut “Commuting Trip Ratio” ini

ditentukan berdasarkan O/D matriks dan "Traffic Count". Berdasarkan O/D matriks juga dapat ditentukan "Peak Hour Ratio" yang akan digunakan untuk menghitung "All Purpose Trip" pada masa yang akan datang. "All Purpose Trip" inilah yang digunakan untuk perencanaan selanjutnya.

Untuk mendapatkan "trip generation" khususnya untuk "person trip" yang mana terdiri atas "commuting trip" dan "all purpose trip" ini dilakukan urutan perhitungan seperti pada skema berikut :(lihat gambar 3.2)



Gambar 3.2 Diagram aliran untuk Future Trip Generation

Adapun hasil dari “Future Trip Generation” pada jaringan jalan di DKI Jakarta sbb (lihat tabel 3.7) :

Tabel 3.7 Future Trip Generation in DKI JAKARTA
(unit : 1000 persons trip)

Jenis Trip	Tahun	Peak Hour	All Day
Commuting Trip	1980	439,2	1112,5
	1990	629,0	1553,0
	2000	924,0	2053
	2010	1135,1	2522,5
All Purpose Trip	1980	556,3	3598,2
	1990	796,2	4448,0
	2000	1169,6	5848,0
	2010	1436,8	7184,0

b. Analisis perjalanan barang (“cargo trip”) :

Analisa perjalanan barang dalam analisis ini adalah perjalanan dari kendaraan-kendaraan yang mengangkut barang dari tempat memuat barang ke tempat membongkar barang maupun sebaliknya.

Aliran barang (“Cargo Flow”) untuk daerah DKI Jakarta diperkirakan dengan metoda sebagai berikut :

1. Perkiraan produksi dan konsumsi dari komoditi utama dengan dasar pertumbuhan sosial dan ekonomis DKI Jakarta.
2. Perkiraan aliran barang antar regional menurut jenis angkutan, dilakukan dengan analisis regresi, berdasarkan data-data yang telah ada.

Menurut survai, truk merupakan sarana angkutan yang banyak digunakan untuk mengangkut barang. Perkiraan perjalanan truk didasarkan pada aliran barang dan kemampuan truk tersebut untuk memuat barang. Pada perkiraan ini

diasumsikan bahwa setiap truk mampu mengangkut barang seberat 2,0 s/d 2,5 ton (lihat tabel 3.8).

Hasil perkiraan perjalanan barang dirangkumkan dalam bentuk tabel (lihat tabel 3.9).

Tabel 3.8. Muatan rata-rata tiap truk

	1980	1990	2000	2010
Intra Jakarta	2,0	2,0	2,5	2,5
Inter Regional	2,5	4,5	7,0	7,5

Tabel. 3.9 Perkiraan perjalanan truk

	1980	1990	2000	2010
All Day	178.311	238.017	343.688	704.082
Peak Hour	19.357	26.105	43.259	77.563

3.3.3 Perkembangan Lalu-lintas (“ Development Traffic “)

3.3.3.1 “Trip Distribution”

“Trip Distribution” maksudnya adalah pembagian perjalanan antara zone yang satu dengan zone-zone lainnya. Dalam trip distribution, perjalanan kendaraan dengan cara “Modal Split” dan “Model Distribusi” tertentu dapat diperhitungkan distribusi perjalanan yang akan terjadi.

a. “Modal Split”

“Modal Split” adalah suatu metode untuk mengklasifikasikan perjalanan manusia berdasarkan jenis kendaraan (“ vehicle trip “). Perjalanan kendaraan yang ditentukan dalam “Modal Split” ini adalah perjalanan sedan, bus,

dan sepeda motor. Untuk perjalanan truk dilakukan analisis tersendiri. "Modal Split" dilakukan dengan membagi perjalanan manusia berdasarkan jenis kendaraan dengan prosentase tertentu (lihat tabel 3.10), sehingga diperoleh hasil "future modal split" (lihat tabel 3.11). Hasil ini dapat dikonversikan kedalam satuan perjalanan kendaraan dengan faktor "passenger occupancy rate", yaitu suatu nilai penempatan penumpang pada kendaraan, yang diasumsikan untuk daerah DKI Jakarta pada tahun tahun tertentu (lihat tabel 3.12).

Tabel 3.10 Prosentase perjalanan manusia berdasarkan kendaraan

Keadaan	Jam Sibuk			Sepanjang Hari		
	1990	2000	2010	1990	2000	2010
Sp.Motor	9,1	8,0	8,0	9,0	8,0	8,0
Sedan	28,1	25,2	24,8	36,7	32,6	32,0
Bus	62,0	65,0	65,0	52,0	55,0	55,0

Tabel.3.11. Future Modal Split untuk DKI JAKARTA

Keadaan	Jam Sibuk			Sepanjang Hari		
	1990	2000	2010	1990	2000	2010
Sp.Motor	9,1	8,0	8,0	9,0	8,0	8,0
Sedan	28,1	25,2	24,8	36,7	32,6	32,0
Bus	62,0	65,0	65,0	52,0	55,0	55,0

Tabel 3.12 Nilai penempatan penumpang pada kendaraan untuk DKI Jakarta
(Unit : orang / kendaraan)

Tahun	Jenis Kendaraan		
	Sepeda motor	Sedan	Bus
1990	1,35	2,40	17,0
2000	1,35	2,40	20,0
2010	1,35	2,40	20,0

b. Model Distribusi

Model yang digunakan untuk mendistribusikan lalu-lintas antar zone adalah "Gravity Model" dan "Fratar Method". "Gravity Model" dipakai untuk menentukan distribusi lalu-lintas saat ini, sedangkan untuk masa mendatang dipakai "Fratar Method". "Gravity Model" merupakan pendekatan secara matematis yang didasarkan pada hukum gravitasi Newton. Bentuk "Gravity Model" ini adalah sebagai berikut :

$$T_{ij} = A_i \cdot B_j \cdot \frac{O_i \cdot D_j}{(d_{ij})^{-b}} \dots \dots \dots (3.2)$$

Dengan : T_{ij} = perjalanan antara zone I dan j

$$O_i = \text{jumlah total perjalanan asal pada zone I} = \sum_j T_{ij}$$

$$D_j = \text{jumlah total perjalanan yang dituju pada zone j} = \sum_i T_{ij}$$

$$A_i = (\sum B_j \cdot D_j \cdot (d_{ij})^{-b})^{-1} \dots \dots \dots (3.2a)$$

$$B_j = (\sum A_i \cdot D_j \cdot (d_{ij})^{-b})^{-1} \dots \dots \dots (3.2b)$$

b = faktor koreksi

Proses perhitungan ini dilakukan dengan cara iterasi yang urutannya dapat dilihat pada gambar 3.3A.

"Fratar Method" merupakan bentuk pendekatan matematis pula yang bentuk persamaannya adalah sbb :

$$T_{ij}^P = T_{ij}^b \cdot f_i \cdot f_j \cdot \frac{(L_i + L_j)}{2} \dots \dots \dots (3.3)$$

dengan : T_{ij}^P = jumlah perjalanan antar zone i dan j pada tahun rencana .

T_{ij}^b = jumlah perjalanan antar zone i dan j pada awal rencana.

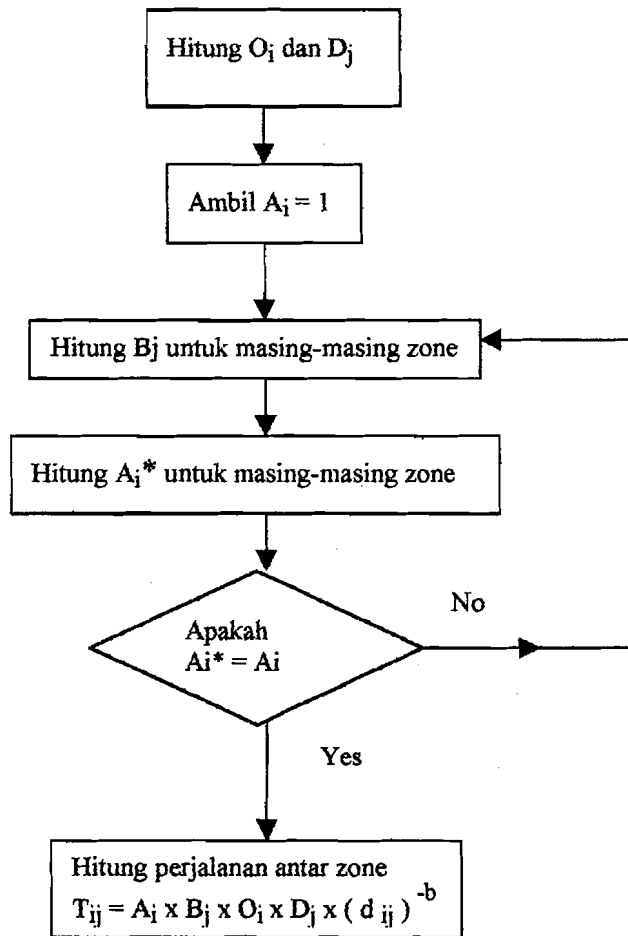
$$\begin{aligned}
 f_i &= \text{faktor pertumbuhan perjalanan dari zone } i \\
 &= \frac{O_i^P}{O_i^b}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_j &= \text{faktor pertumbuhan perjalanan ke zone } J \\
 &= \frac{D_j^P}{D_j^b}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 L_i &= \text{faktor daerah } i \\
 &= \frac{O_i^P}{\sum_{j=1} T_{ij}^b \cdot f_j}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 L_j &= \text{faktor daerah } j \\
 &= \frac{O_i^P}{\sum_{j=1} T_{ij}^b \cdot f_j}
 \end{aligned}$$

Proses perhitungannya dilakukan dengan cara iterasi, dimana diharapkan faktor pertumbuhan f_i dan f_j sama dengan satu, seperti terlihat pada gambar 3.3B.



Gambar 3.3.A Diagram aliran Gravity Model

$$\text{Hitung : } T_{ij}^{p*} = T_{ij}^b$$

$$\text{Hitung : } O_i^* = T_{ij}^{p*}$$

$$D_j^* = T_{ij}^{p*}$$

$$\text{Hitung : } f_i^* = \frac{O_i^p}{O_i^*} \quad \text{dan} \quad f_j^* = \frac{D_j^p}{D_j^*}$$

$$\text{Hitung : } L_i^* = O_i^p / T_{ij}^b \cdot f_j^*$$

$$L_j^* = O_j^p / T_{ij}^b \cdot f_i^*$$

$$\text{Hitung : } T_{ij}^{p*} = T_{ij}^b \cdot f_i \cdot f_j \cdot ((L_i^* + L_j^*) / 2)$$

$$F_i^* = 1$$

$$F_j^* = 1$$

$$\text{Trip Distribution : } T_{ij}^p = T_{ij}^{p*}$$

Gambar 3.3 b Diagram aliran metode Fratar

3.4 Umur Rencana

Menentukan umur suatu jalan tidaklah mudah, karena banyak bagian-bagian mempunyai umur yang berbeda-beda tergantung variasi dari umur rencana yang diduga berdasarkan berubahnya volume, pola dan beban lalu-lintas.

Umur rencana 20 tahun banyak dipakai sebagai dasar perancangan. Meramalkan lalu-lintas melebihi waktu ini tidak dapat dibenarkan karena kemungkinan perubahan-perubahan dalam tata guna tanah dan jumlah penduduk, atau ekonomi daerah yang tak dapat diramalkan dengan baik.

Jalan tol Cawang-Grogol yang merupakan bagian dari JIUT ini bisa mulai digunakan tahun 1990 (“Opening Year”), maka akhir umur rencana adalah tahun 2010.

3.5 Hasil Analisis Survei

1. Volume Lalu-lintas

“Traffic Assignment Method” adalah penentuan volume lalu-lintas yang akan menggunakan suatu jaringan jalan. Dalam distribusi perjalanan antar zone, yang berupa perjalanan kendaraan, masih belum diketahui volume lalu-lintas yang akan menggunakan jalan tertentu, untuk itu perlu dilakukan “Traffic Assignment Method”. Pada JIUT, “Traffic Assignment Method” dilakukan untuk jalan tol dan arteri.

“Traffic Assignment” dipengaruhi oleh pemilihan rute perjalanan oleh pengendara yang melakukan perjalanan antar zone tersebut. Untuk JIUT dimana terdapat jalan tol Cawang – Grogol, kondisi jalan tol mempengaruhi pengendara dalam memilih rute perjalanannya. Kondisi jalan tol yang diperhitungkan disini adalah :

1. Tingkat Pelayanan Jalan Tol
 - a. Kecepatan maksimum dan minimum
 - b. Jumlah jalur dan kapasitas
2. Tarif Jalan Tol :

Pengendara cenderung untuk tidak melalui jalan jika tarif tol terlalu mahal. Untuk itu harus diperkirakan tarif yang sesuai untuk pemakai jalan tol dan sesuai dengan pelayanan jalan tersebut.

3. Nilai Waktu :

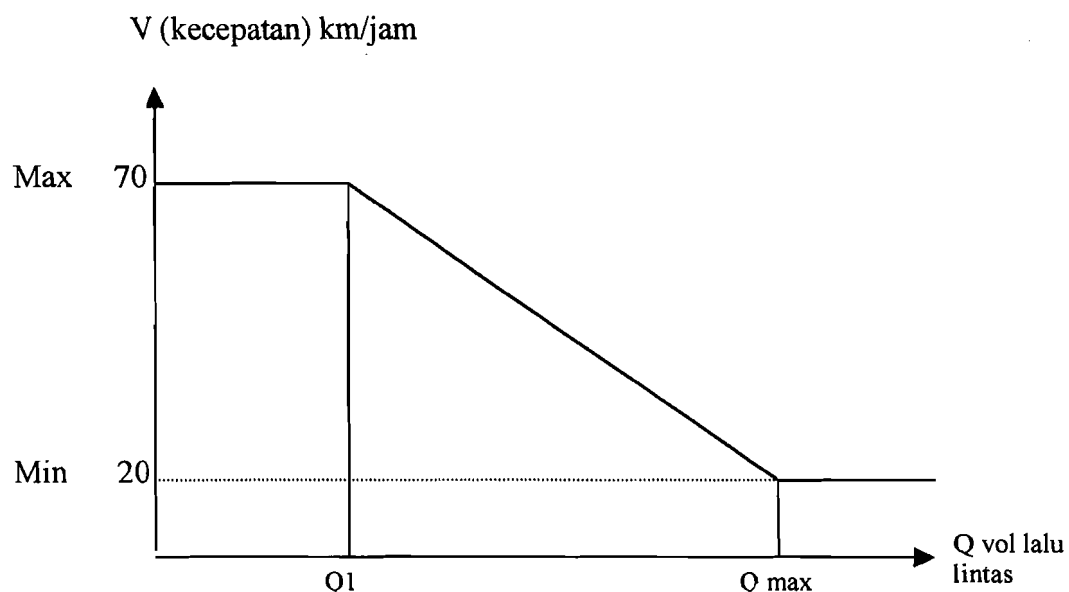
Pengendara cenderung akan memilih rute yang memakan waktu lebih cepat. Untuk itu nilai waktu untuk pengendara juga harus diperhitungkan.

Di bawah ini dirangkumkan tarif tol dan nilai waktu sesuai dengan masing- masing jenis kendaraan (lihat tabel 3.13).

Tabel 3.13 Tarif tol dan nilai waktu (tahun 1980)

Jenis Kendaraan	Tarif JIUT	Nilai Waktu (perjam)
Sedan	Rp.400,-	Rp.4100,-
Truk	Rp.800,-	Rp.7200,-
Bus	Rp.800,-	Rp.9400,-

Untuk menentukan volume lalu-lintas yang akan menggunakan jaringan jalan JIUT ini, baik untuk jalan maupun arteri digunakan suatu metoda tertentu yaitu Q – V Method, yang konsepnya dapat dijelaskan sebagai berikut (lihat gambar 3.4).



Gambar 3.4 Kurva Q-V limitation method

Kecepatan perjalanan ("travel speed") diperhitungkan menurut kondisi kepadatan lalu-lintas (kemacetan), kemudian pengendara akan memberikan waktu perjalanan terkecil. Kendaraan dapat mencapai kecepatan maksimum (V_{max}) jika volume lalu-lintas lebih kecil dari Q_1 , tetapi jika volume lalu-lintas lebih besar dari Q_1 maka kecepatan kendaraan akan berkurang.

Dengan dasar-dasar dan metoda tersebut diatas dapat diperhitungkan "traffic assignment" untuk jalan tol dan arteri yang menuju dan meninggalkan simpang susun Grogol. (lihat tabel 3.14).

Tabel 3.14. Lalu-lintas harian jalan tol dan arteri

(unit : smp/hari)

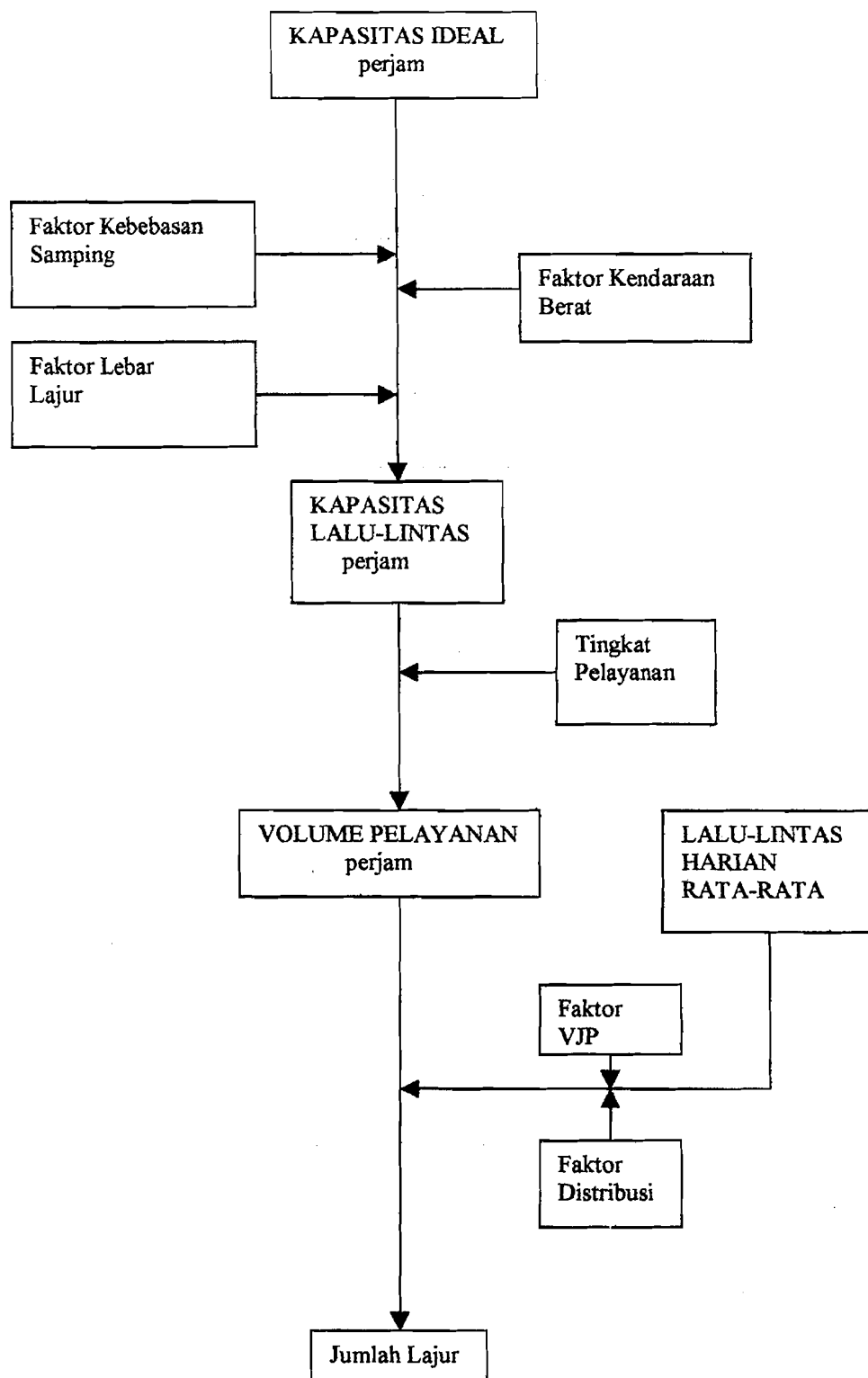
Tahun	Jalan Tol	Arteri
1990	36.700	48.100
2000	53.900	69.800
2010	68.600	77.900

2. Penentuan Jumlah Lajur

Konsep dan metode yang digunakan dalam perhitungan jumlah lajur didasarkan pada "Highway Capacity Manual" oleh Highway Research Board, USA. Tetapi ada beberapa peraturan yang disesuaikan dengan peraturan di Jepang untuk dapat menggambarkan kondisi di Indonesia, khususnya Jakarta. Hal ini disebabkan karena Indonesia belum memiliki pedoman-pedoman (manual) mengenai kapasitas jalan raya, disamping kondisi lalu-lintas Jepang yang hampir

sama dengan kondisi lalu-lintas di Indonesia, misalnya dalam jenis dan ukuran kendaraan serta operasi lalu-lintasnya.

Prosedur penentuan kapasitas dan penentuan jumlah lajur dapat ditunjukkan dalam gambar 3.5, berikut faktor-faktor yang mempengaruhinya. Faktor-faktor ini bergantung pada kondisi lapangan, jenis kendaraan, kualitas arus lalu-lintas dan potongan melintang jalan.



Gambar 3.5 Diagram aliran penentuan jumlah lajur

3. Kapasitas Ideal

Kapasitas Ideal didefinisikan sebagai volume lalu-lintas maksimum yang dapat melalui suatu ruas jalan atau jalur pada kondisi ideal dari jalan dan arus lalu-lintas.

Kondisi ideal dicapai bila jalan dan arus lalu-lintas telah memenuhi kriteria-kriteria sebagai berikut :

- a. lebar lajur $> 3,50$ m
- b. kebebasan samping $> 1,75$ m
- c. standar geometrik yang baik :
 1. hanya digunakan oleh kendaraan penumpang
 2. tidak ada batas kecepatan

Kapasitas ideal ditetapkan sebesar 2000 kendaraan penumpang per jam sesuai kriteria yang telah disebutkan diatas.

4. Kapasitas Jalan

Kapasitas jalan adalah jumlah maksimum kendaraan yang dapat melalui suatu potongan jalan dalam jangka waktu tertentu pada keadaan jalan dan lalu-lintas yang berlaku untuk potongan jalan tersebut.

Kapasitas ini menggambarkan keadaan sebenarnya dari jalan dan lalu-lintas. Untuk mengetahui kapasitas jalan maka kapasitas ideal harus disesuaikan dengan kondisi jalan yang direncanakan dengan beberapa faktor, yaitu

- a. lebar lajur dan kebebasan samping
- b. kendaraan berat
- c. volume jam perencanaan
- d. faktor distribusi

5. Lebar lajur dan Kebebasan Samping

Lebar lajur dan kebebasan samping sangat mempengaruhi kapasitas jalan. Lebar lajur yang sempit akan memberikan kapasitas yang kecil pula. Pengaruh lebar lajur terhadap kapasitas jalan ditunjukkan oleh koefisien lebar lajur (lihat tabel 3.15). Demikian halnya dengan kebebasan samping, yaitu jarak antara tepi jalan dengan saluran untuk bagian kiri jalan dan jarak antara tepi jalan dengan median untuk bagian kanan jalan, bila terlalu kecil akan mengurangi lebar efektif lajur sehingga akan mengurangi kapasitas jalan pula (lihat tabel 3.16).

Tabel 3.15 Koefisien lebar lajur

Lebar Lajur	Koefisien
3,50 m	1,00
3,25 m	0,94
3,00 m	0,85
2,75 m	0,77

Tabel 3.16. Koefisien kebebasan samping

Kebebasan Samping	Koefisien	
	Pada satu sisi	Pada kedua sisi
1,75 m	1,00	1,00
1,50 m	1,00	0,99
1,25 m	0,99	0,98
1,00 m	0,98	0,97
0,75 m	0,97	0,94
0,00 m	0,90	0,81

6. Kendaraan Berat

Berdasarkan klasifikasi kendaraan pada traffic count survey yang dimaksud kendaraan berat adalah truk dan bus, dimana 50% dari jumlah bus yang teramati dianggap sebagai kendaraan berat.

Pengaruh kendaraan berat terhadap kapasitas jalur ini diperhitungkan dengan mengkonversikan satuan kendaraan berat kedalam satuan mobil penumpang yang juga memberikan pengaruh terhadap kapasitas lajur. Pengaruh kendaraan berat ini dinyatakan dengan koefisien sebagai berikut :

$$T = \frac{100}{100 - P_T + (E_T \cdot P_T)} \dots\dots\dots(3.4)$$

dengan : T = Koefisien akibat kendaraan berat

P_T = Prosentase kendaraan berat

E_T = Angka ekivalen untuk kendaraan berat

Untuk perencanaan, prosentase kendaraan berat, yaitu perbandingan antara jumlah kendaraan berat dengan jumlah seluruh kendaraan yang teramati, diambil 15 %. Hal ini didasarkan atas hasil survai yang berkisar antara 12 % dan 20 %.

7. Tingkat Pelayanan

Tingkat pelayanan adalah suatu ukuran, yang dalam arti luas menggambarkan tiap kondisi lalu-lintas yang mungkin terjadi pada suatu jalur jalan atau sepotong jalan akibat volume lalu-lintas.

Tingkat pelayanan ini ditunjukkan oleh perbandingan antara volume lalu-lintas (V) dan kapasitas jalur (C). Makin kecil perbandingan V / C maka tingkat pelayanannya makin baik, sebaliknya makin besar perbandingan V / C maka

tingkat pelayanan makin buruk. Untuk itu tingkat pelayanan diklasifikasikan dari yang terbaik sampai terburuk dengan notasi A sampai F, sesuai nilai V / C nya (lihat tabel 3.17)

3.17. Tingkat pelayanan untuk daerah Urban

Tingkat Pelayanan	V/C
A	$\leq 0,60$
B	$\leq 0,70$
C	$\leq 0,80$
D	$\leq 0,90$
E	$\leq 1,00$
F	(tidak terdefinisi)

Sumber : Bina Marga 1988

Dalam perencanaan yang dilakukan untuk simpang susun Grogol, perencana mengharapkan tingkat pelayanan yang dicapai sampai umur rencana adalah tingkat pelayanan C.

8. Volume Jam Perencanaan

Keadaan arus lalu-lintas pada suatu jalan tidak pernah konstan, melainkan mempunyai karakteristik yang berubah sesuai dengan waktu (tahun, bulan, hari, jam, musim) tergantung pada kondisi jalan. Untuk mendapatkan gambaran yang sesuai dengan keadaan sebenarnya, maka perlu diketahui volume lalu-lintas dalam waktu singkat, dalam hal ini diambil interval 1 jam. Pengambilan interval tersebut cukup tepat karena variasi lalu-lintas dapat diperlihatkan dengan jelas pada interval tersebut.

Untuk perencanaan, biasanya volume jam perencanaan ditentukan dari Lalu-lintas Harian Rata-rata (LHR) pada saat jam ke-30 dari pengamatan penuh selama 1 tahun (365.24 jam). Faktor yang didapat dari jam ke-30 ini adalah.

Faktor Volume Jam Perencanaan atau Faktor K. Dalam perencanaan JIUT ini besar faktor K adalah 8 %, sesuai hasil survey lalu-lintas yang telah dilaksanakan. Volume Jam Perencanaan pada jam sibuk diperoleh dari perkalian faktor K dengan total volume lalu-lintas selama 1 hari (24 jam).

9. Faktor Distribusi Menurut Arah

Faktor Distribusi menurut arah atau faktor D adalah faktor yang menunjukkan prosentase perjalanan terbesar dari suatu ruas jalan 2 arah. Faktor ini dipengaruhi oleh tata guna di daerah yang diamati.

Volume lalu-lintas yang besar, biasanya terjadi pada pagi hari dan sore hari. Pada pagi hari orang baru memulai kegiatan sehari-harinya dan volume lalu lintas terbesar adalah ke arah pusat kegiatan, sedang pada sore hari akan terjadi hal yang sebaliknya. Jadi faktor ini biasanya ditentukan berdasarkan arah pada pagi hari dan arah sebaliknya pada sore hari.

Dari hasil “ traffic count survey “, faktor D untuk jalan sepanjang koridor SW-ARC, berkisar antara 53,4 % sampai dengan 70 %. Untuk perencanaan faktor D ditetapkan sebesar 55 %.

10. Data-data Perancangan

Dari hasil “Traffic Assignment” diperoleh volume lalu-lintas untuk jalan tol dan jalan arteri yang melalui simpang Grogol (tabel 3.18).

Tabel 3.18. Volume Lalu lintas pada simpang Grogol

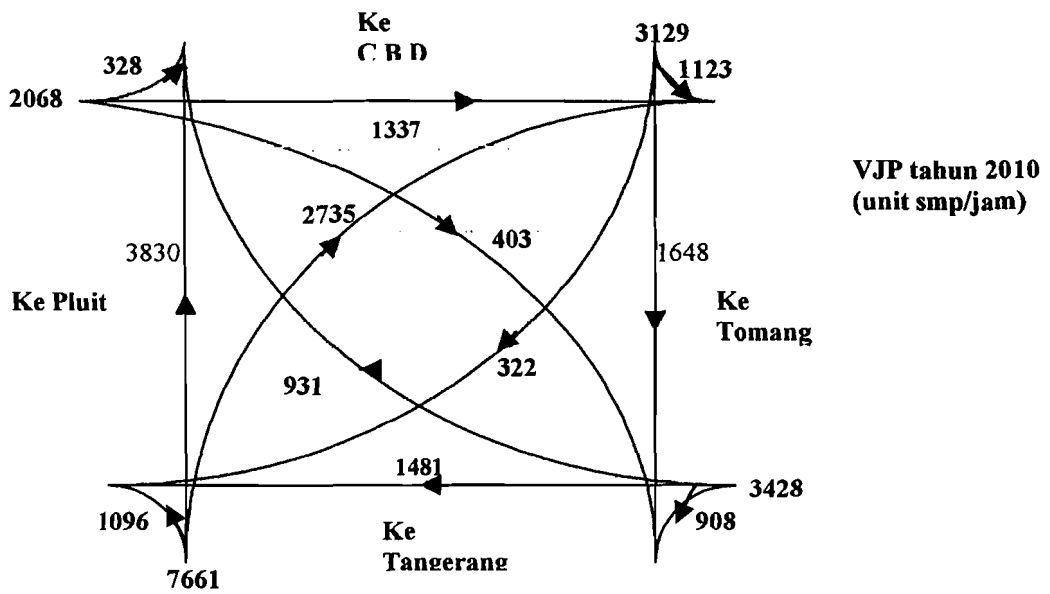
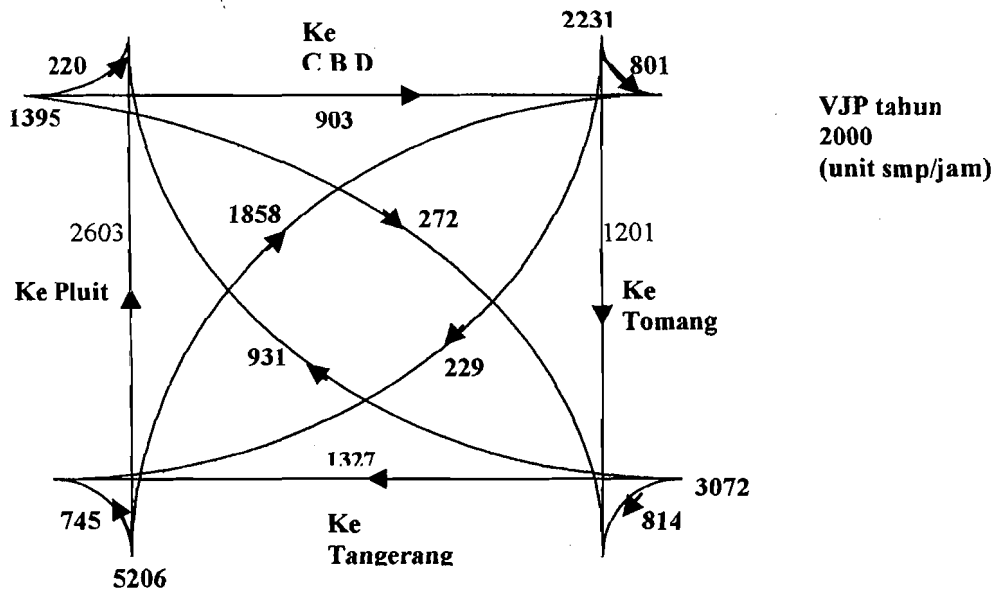
Tahun	Jalan Tol (smp/hari)	Arteri (smp/hari)
1990	36.700	48.100
2000	53.900	69.800
2010	68.600	77.900

Untuk persimpangan sebidang, volume lalu-lintas yang melalui persimpangan diperhitungkan sebagai berikut :

1. Volume lalu-lintas pada jalan arteri yang berupa jumlah kendaraan per hari dikonversikan kedalam kendaraan penumpang per hari.
2. Volume lalu-lintas per hari dikalikan dengan koefisien jam sibuk untuk memperoleh volume lalu-lintas per jam pada jam sibuk.
3. Distribusi volume lalu-lintas untuk tiap kaki persimpangan dihitung berdasarkan hasil survai, dimana prosentase distribusi dianggap tetap selama perencanaan. Anggapan tersebut karena pola perjalanan untuk beberapa jangka waktu tertentu dianggap tidak berubah sesuai pola tata guna tanah yang tidak berubah pula pada jangka waktu tersebut.

Volume lalu-lintas dan distribusinya pada kaki-kaki persimpangan Grogol pada tahun 2000 dan akhir umur rencana tahun 2010 adalah pada gambar-gambar

3.2. berikut :



Gambar 3.2. Distribusi Lalu-lintas Simpang Grogol

11. Perhitungan Jumlah lajur

a. Kapasitas (K) :

$$K = K_i \cdot W_1 \cdot W_2 \cdot T \dots\dots\dots (3.5)$$

Dengan :

K_i = kapasitas ideal

W_1 = faktor lebar jalur

W_2 = faktor kebebasan samping

T = faktor kendaraan berat

b. Volume Pelayanan Maksimum (VPM) :

$$VPM = K \cdot V/C \dots\dots\dots (3.6)$$

dengan :

K = kapasitas

V/C = koefisien tingkat pelayanan

b. Volume Jam Perencanaan (VJP) :

$$VJP = \text{Faktor K} \cdot \text{Faktor D} \cdot \text{LHR} \dots\dots\dots (3.7)$$

Dengan :

VJP = dalam smp/jam/arah

Faktor K = faktor volume jam perencanaan

Faktor D = faktor distribusi menurut arah

LHR = Lalu-lintas Harian Rata-rata (hasil traffic assignment)

c. Jumlah Jalur (N) :

$$N = \frac{VJP}{VPM} \dots\dots\dots (3.8)$$

Dengan :

VJP = Volume Jam Perencanaan

VPM = Volume Pelayanan Maksimum

Hasil perhitungan jumlah jalur ini dibulatkan keatas, misalnya $N = 2,7$ dibulatkan menjadi 3.

Seluruh perhitungan jumlah lajur dan hasilnya dapat dilihat pada tabel

3.19.

Tabel 3.19 Kapasitas dan jumlah lajur

SOUTH-WEST ARC

DESKRIPSI	TOLLWAY	ARTERI
Kecepatan rencana (km/jam)	80	60
Lebar lajur (m)	3,50	3,00
Kebebasan samping 1.dalam	0,75	0,25
2. luar	2,00	0,25
Kend Berat : 1. prosentase %	15	15
2. ekivalensi(smp)	2,7	2,7
Koefisien : lebar lajur	1,00	0,85
keb.samping	0,97	0,86
kend.berat	0,80	0,80
Total	0,78	0,58
Kapasitas Ideal (smp/jam)	2000	2000
Kapasitas (smp/jam)	1560	1160
Tk Pelayanan	C	C
Koefisien V/C	0,8	0,8
Volume Pelayanan (smp/jam)	1248	928
LHR (100 smp/jam)	686	779
Faktor VJP (%)	8	8
Faktor D (%)	55	55
VJP (smp/jam)	3018,4	3427,6
Jumlah Lajur	3	4

3.6 Pembahasan

Guna mendapatkan data atau gambaran lalu-lintas yang mendekati keadaan sebenarnya, mutlak diperlukan suatu survei dan analisis yang mempunyai sasaran dan metode yang tepat agar mendapatkan data yang lengkap dan teliti sehingga perancangan yang dihasilkan mampu mendukung beban lalu-lintas sampai akhir umur rencana. Pada JIUT, dimana simpang Grogol termasuk didalamnya pergerakan manusia merupakan faktor yang penting disamping pergerakan barang.

Survei lalu-lintas yang dibutuhkan untuk perencanaan JIUT adalah sebagai berikut :

1. Perhitungan lalu-lintas (“ Traffic Counting “)

Survei ini dilaksanakan guna mendapatkan volume, fluktuasi dan klasifikasi lalu-lintas pada ruas “South-West ARC” (SW-ARC), juga dapat ditentukan pola perjalanan pada persimpangan. Perhitungan jumlah kendaraan dilakukan di 33 lokasi pengamatan. Kendaraan yang diamati kategorinya sesuai dengan klasifikasi Bina Marga, baik kendaraan roda dua maupun lebih. Hal ini sangat baik, sebab dengan perbaikan tingkat ekonomi yang cukup pesat untuk beberapa tahun mendatang, para pemakai jenis kendaraan memungkinkan akan berubah mode kendaraannya kearah yang lebih tinggi.

2. Survei Asal – Tujuan (O-D Survei)

Bertujuan untuk melakukan penelitian terhadap jumlah dan jenis kendaraan berdasarkan jenis perjalanan penumpang dan pergerakan kendaraan. Survei dilakukan pada 12 lokasi pos yang telah ditentukan. Metode yang digunakan adalah metode kartu pos, dengan pertimbangan menjaga kelancaran lalu-lintas.

Dari hasil evaluasi dapat dilihat kartu pos yang kembali hanya sebesar 5%, dari hasil ini dianggap tidak mewakili sehingga survei asal-tujuan ini seharusnya gagal. Pemilihan lokasi dan waktu pengamatan didasari oleh pertimbangan efisiensi biaya dan waktu, serta kemungkinan tercakupinya semua pergerakan di DKI Jakarta. Dalam analisis survey asal-tujuan ini sudah memperhitungkan pergerakan kendaraan, barang dan penumpang sebab dari hasil ketiganya dapat saling mengontrol dan menentukan. Hasil survei ini disajikan dalam bentuk matriks asal-tujuan (O-D Matriks)

3. Survei Kecepatan Kendaraan

Bertujuan mendapatkan informasi yang tepat mengenai kecepatan kendaraan dan halangan-halangan lalu-lintas yang ada. Survei kecepatan ini dilakukan dengan menentukan rute-rute survei sebanyak 92 rute survei. Survei ini terdiri dari 2 jenis survei yaitu survei kecepatan perjalanan dan survei kelambatan. Hasil yang didapat berupa kecepatan kendaraan pada tiap bagian jalan dan hasil tersebut dapat dirata-ratakan hambatan-hambatan terhadap kendaraan.

Pelaksanaan survei yang dilakukan pada pos-pos pengamatan hanya dilakukan pada waktu tertentu saja dalam beberapa hari. Hal ini sebenarnya belum memenuhi standar survei yang telah ditentukan. Akan tetapi karena alasan pertimbangan efisiensi biaya dan waktu maka survei yang dilaksanakan sudah dianggap mewakili survei secara keseluruhan.

Selain melakukan survei juga dilakukan analisis lalu-lintas yaitu menentukan proyeksi lalu-lintas dan umur rencana.

Konsep dasar yang dilakukan untuk peramalan lalu-lintas adalah :

a. Perkiraan "Trip Generation"

Pada analisis perjalanan barang, asumsi bahwa setiap truk mampu mengangkat barang seberat 2,0 – 2,5 ton tidak bisa diterima karena truk biasanya mengangkut barang lebih dari 4 ton agar tidak mengalami kerugian, seharusnya hal ini diperhitungkan secara benar sebab berpengaruh pada perancangan.

- b. Distribusi lalu-lintas atau pergerakan berdasarkan “Gravity Model”.
- c. Perkiraan volume lalu-lintas yang akan membebani jaringan jalan (“Traffic Assignment”) berdasarkan Q – V limitation method dan sistim tol

Untuk menentukan distribusi lalu-lintas pada saat ini digunakan “ Gravity Model”, sedangkan untuk masa mendatang digunakan “Fratat Method”. Untuk analisis umur rencana ditetapkan 20 tahun untuk menjaga perubahan dalam tata guna tanah, jumlah penduduk dan ekonomi. Dalam pemilihan metode analisis lalu-lintas ini perencana telah menetapkan metode dan angka yang dianggap cocok dan sesuai dengan ketentuan sehingga dapat dijadikan standar untuk analisis berikutnya.

Hasil analisis survai lalu-lintas ini selain untuk perencanaan JIUT juga digunakan untuk perancangan simpang-simpang yang terdapat pada JIUT termasuk simpang Grogol, dengan hasil analisis dan survai dapat diketahui data-data lalu-lintas, proyeksi lalu-lintas dan umur rencana dari simpang susun tersebut.

Satuan umum untuk mengukur lalu-lintas pada jalan raya adalah Volume Lalu-lintas Harian Rata-rata Tahunan (LHRT atau LHR). Dalam hal tidak punya data setahun jadi hanya ada data mingguan atau harian, maka diperlukan faktor koreksi. Penggunaan LHRT atau LHR tidak banyak digunakan dalam perencanaan geometri karena tidak mewakili variasi lalu-lintas selama bulan-

bulan dalam satu tahun, hari-hari dalam seminggu dan jam-jam dalam satu hari, yang biasa digunakan dalam perencanaan geometri adalah volume jam tertinggi ke-30 yang disingkat 30 HV yang didefinisikan sebagai volume jam yang dilampaui 29 volume perjam selama tahun perencanaan. Dari AASHTO 30 HV mendekati 15 % LHR (daerah rural) dan 8-12 % untuk daerah urban. Dalam perencanaan JJUT ini diambil sebesar 8 %, sesuai hasil survai lalu-lintas yang telah dilaksanakan.

Konsep dan metode yang digunakan dalam perhitungan jumlah jalur didasarkan pada “ Highway Capacity Manual “. Penentuan nilai kapasitas jalan digunakan faktor-faktor yang mempengaruhi besarnya kapasitas jalan tersebut.

Bila dilihat dari lalu-lintas yang ada, maka penyediaan jumlah lajur rencana pada “South – West ARC” yaitu pada jalan tol sebanyak 3 lajur adalah tidak mencukupi, yaitu sebelum akhir umur rencana dicapai jalur yang disediakan sudah tidak mampu lagi menampung lalu-lintas yang ada dan tingkat pelayanan tidak memadai. Dari hasil perhitungan direncanakan sampai akhir umur rencana tingkat pelayanan diharapkan tingkat pelayanan C, begitu juga untuk simpang Grogol diharapkan sampai akhir umur rencana tingkat pelayanan C. Untuk tingkat pelayanan C jalan tol sudah tidak layak, jadi sebaiknya dirancang 4 lajur untuk jalan tol.

BAB IV

PERANCANGAN GEOMETRIK

4.1. Umum

Dalam perancangan jalan raya, bentuk geometrik harus ditetapkan sedemikian rupa sehingga jalan yang dirancang dapat memberikan pelayanan yang optima kepada lalu-lintas sesuai dengan fungsinya. Jadi perancangan geometrik ini dimaksudkan untuk mencapai perancangan jalan yang aman, nyaman dan efisien.

Perancangan Geometrik pada Simpang Grogol meliputi perancangan alinyemen horizontal dan alinyemen vertikal untuk jalan layang (jalan tol) dan jalan arteri.

Perancangan alinyemen horizontal meliputi :

- a. Perancangan alinyemen jalan layang dan jalan arteri ke arah Cawang
- b. Perancangan alinyemen jalan arteri ke arah Pluit

Perancangan alinyemen vertikal meliputi :

- a. Perancangan alinyemen vertikal jalan layang
- b. Perancangan alinyemen vertikal jalan arteri ke arah Pluit
- c. Perancangan alinyemen vertikal jalan arteri ke arah Halim

Perancangan alinyemen vertikal jalan layang dilakukan dengan memperhatikan faktor keamanan dan kenyamanan sebagai jalan tol dengan kecepatan yang cukup tinggi, sehingga kelandaiannya diusahakan tidak terlalu besar tetapi dapat memberikan ruang yang cukup bagi persimpangan dibawahnya.

Sedangkan perancangan alinyemen vertikal jalan arteri disesuaikan dengan alinyemen vertikal jalan arteri yang ada sekarang.

4.2 Standar Perancangan

Secara keseluruhan perancangan geometrik ini didasarkan pada ketentuan-ketentuan dan metoda-metoda perhitungan yang disebut Kriteria Perancangan. Dalam menentukan kriteria-kriteria perancangan tersebut digunakan standar perancangan yang berlaku di Indonesia dan standar perancangan yang digunakan secara internasional.

Standar perancangan yang dipergunakan adalah :

1. Spesifikasi Standar Perencanaan Geometrik Untuk Jalan Perkotaan, Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Bina Marga, 1988
2. Manual Kapasitas Jalan Indonesia, MKJI, Direktorat Jenderal Bina Marga, Departemen Pekerjaan Umum Republik Indonesia, 1997
3. A Policy on Geometrik Design of Highways and Streets, AASHTO 1994

4.3 Kriteria Perancangan

Kriteria perancangan dari geometrik jalan layang dan jalan arteri terdiri dari beberapa faktor yang akan diuraikan dibawah ini.

4.3.1 Kecepatan Rencana dan Kendaraan Rencana

Kecepatan rencana diartikan sebagai kecepatan yang ditentukan untuk perancangan sehubungan dengan bentuk fisik jalan yang mempengaruhi operasi kendaraan. Kecepatan rencana ini harus sesuai dengan kondisi lapangan dan tipe jalannya.

Tabel 4.1 Kecepatan Rencana untuk "Urban Highways"

Tipe Jalan	Design Speed	
	Downtown Areas	Suburban Areas
Arterial	30 – 50 mph	40 – 60 mph
Freeway	50 – 70 mph	60 – 70 mph

Catatan : 1 mph = 1.6 km/jam

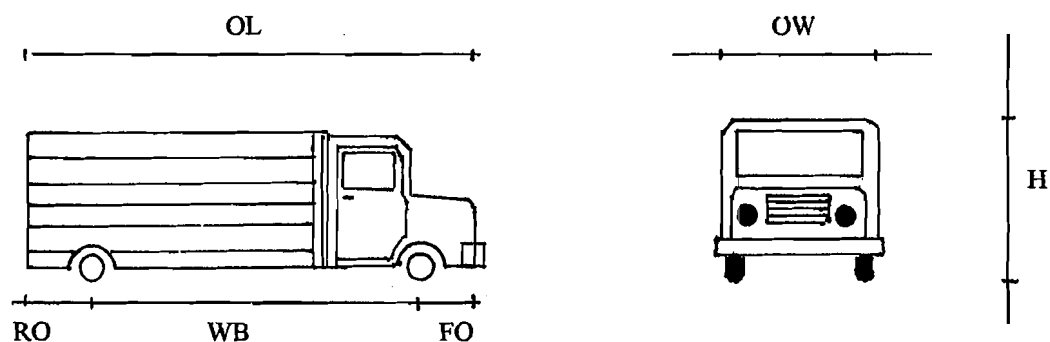
Untuk perancangan geometrik pada Simpang Grogol ditetapkan kecepatan rencana pada :

Jalan Layang : 80 km / jam

Jalan Arteri : 60 km / jam

4.3.2 Kendaraan Rencana

Kendaraan rencana diartikan sebagai kendaraan yang dipakai sebagai dasar perancangan geometrik jalan, khususnya dalam perancangan tikungan, dimana dimensi dan sifat operasinya dapat mewakili kendaraan-kendaraan lain yang beroperasi di jalan tersebut. Dalam perancangan geometrik jalan layang dan jalan arteri pada Simpang Grogol ini digunakan single unit truk. Gambar "single unit truck" ini dapat dilihat pada gambar 4.1 dan dimensi kendaraan rencana dapat dilihat pada tabel 4.2.



Gambar 4.1 Single Unit Truk

Tabel 4.2 Dimensi Kendaraan Rencana (cm)

Kendaraan Rencana	WB	FO	RO	OL	OW	H
Single unit truck	610	122	183	914	259	411

Ket : WB = Wheel Base

OL = Overall Length

FO = Front Overhang

OW = Overall Width

RO = Rear Overhang

H = Height

4.3.3 Penampang Melintang

4.3.3.1 Lebar Lajur

Lajur adalah bagian dari perkerasan jalan yang digunakan untuk satu arah perjalanan kendaraan. Lebar lajur pada proyek ini untuk jalan layang diambil 3,50 m dan untuk jalan arteri diambil 3,00 m.

4.3.3.2 Lebar Bahu

Bahu jalan adalah bagian diantara tepi luar dari lajur terluar dan halangan (saluran, kerb, trotoar, median, dan sebagainya). Untuk Indonesia bahu luar adalah bahu sebelah kiri jalan sedang bahu dalam adalah bahu sebelah kanan jalan, yang berbatasan dengan median. Pada proyek ini diambil lebar bahu dalam untuk jalan layang 0,50 m dan untuk jalan arteri 0,25 m, sedangkan lebar bahu luar untuk jalan layang diambil 1,5 m dan untuk jalan arteri 0,25 m.

4.3.3.3 Lebar Median

Median adalah bagian jalan yang memisahkan arus lalu-lintas pada arah yang berlawanan. Median berfungsi untuk :

1. Mencegah kecelakaan yang disebabkan kendaraan yang tidak terkontrol menyerong kearah yang berlawanan

2. Mengamankan kendaraan dari gangguan lalu-lintas dari arah yang berlawanan
3. Memberi batas agar kendaraan tidak berputar ke arah yang berlawanan
4. Memberi tempat untuk jalur hijau di dalam kota
5. Memberi tempat untuk peralatan pengatur lalu-lintas dan fasilitas lainnya

4.3.3.4 Ruang Bebas

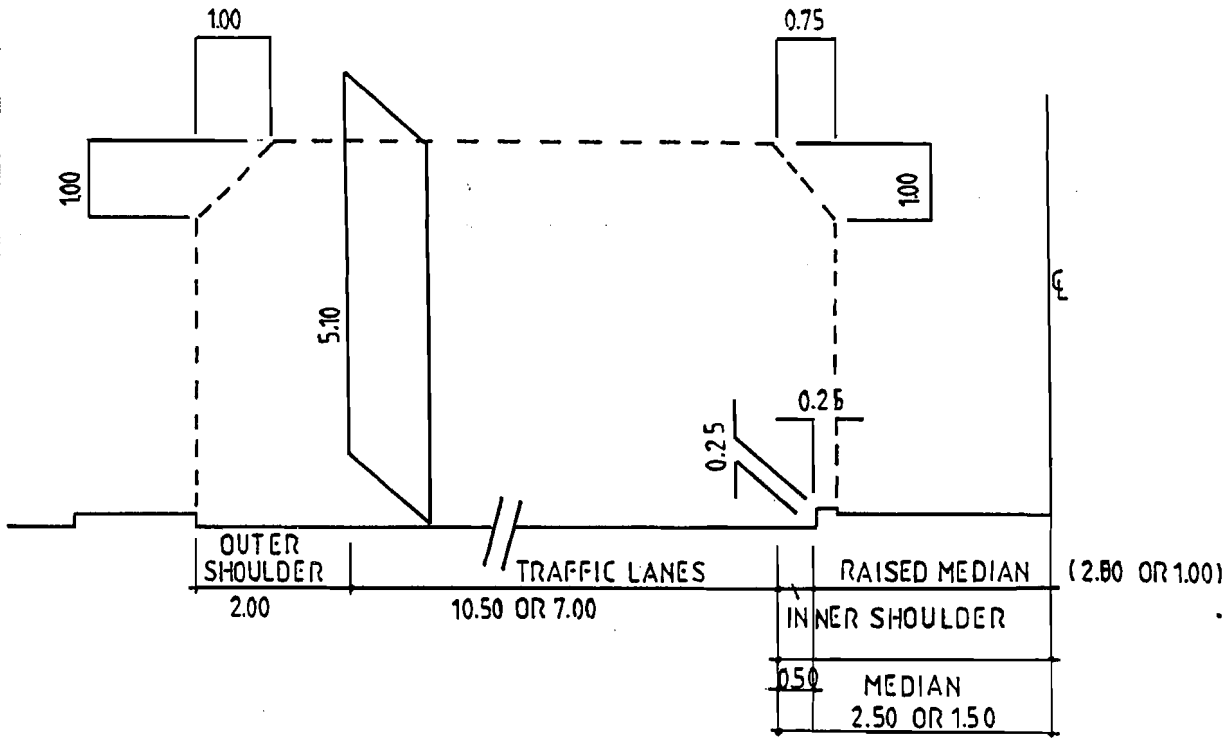
Ruang bebas adalah ruang yang harus disediakan dimana halangan tidak ada sama sekali. Ruang bebas dibagi atas :

- a. Ruang bebas horizontal minimum :
 1. Tol : dari bahu dalam sejauh 0,25 m , sedangkan bagian luar adalah batas bahu luar, untuk jembatan sejauh 0,25 m dari batas bahu luar
 2. Arteri : dari bahu dalam dan luar sejauh 0,25 m
- b. Ruang bebas vertikal minimum :
 1. Tol : 5,10 m
 2. Arteri : 5,10 m

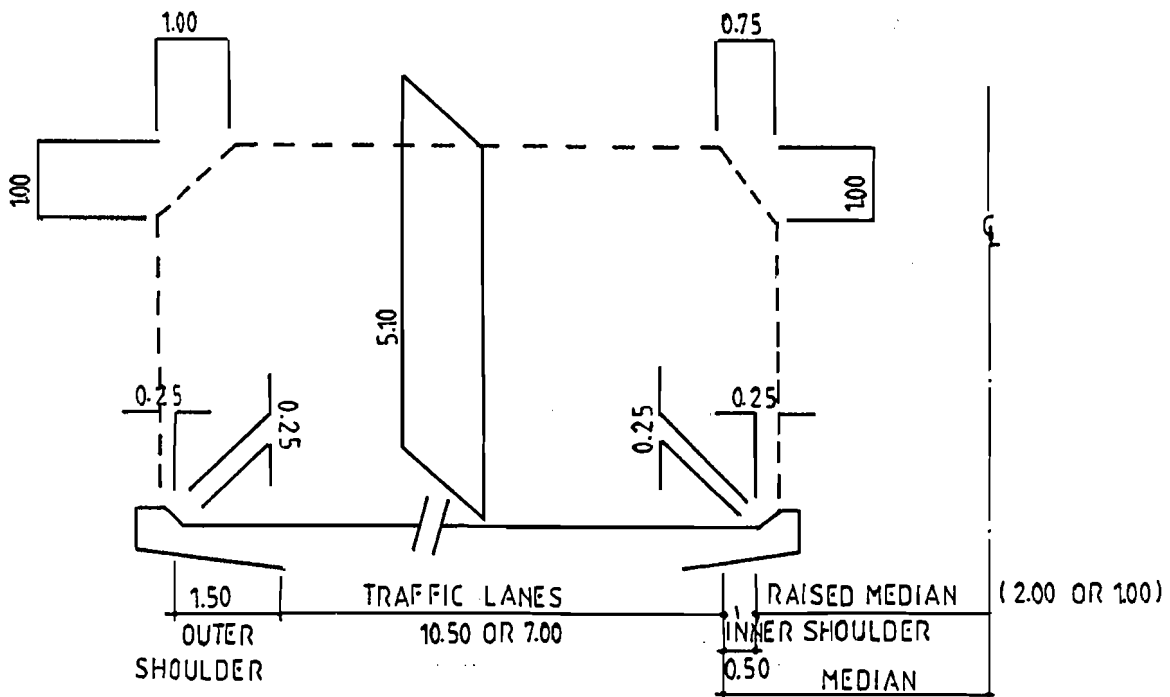
4.3.3.5 Daerah Penguasaan Jalan (DPJ)

D.P.J ini diperlukan untuk pengamanan dan keperluan pelebaran dimasa mendatang. Lebar D.P.J yang diperlukan untuk Tol 4 lajur adalah 60 meter, sedang untuk jalan Arteri adalah sebesar 30 meter sesuai dengan standar Bina Marga untuk jalan kelas II b.

TOLLWAY- AT-GRADE SECTION AND SHORT BRIDGE SECTION

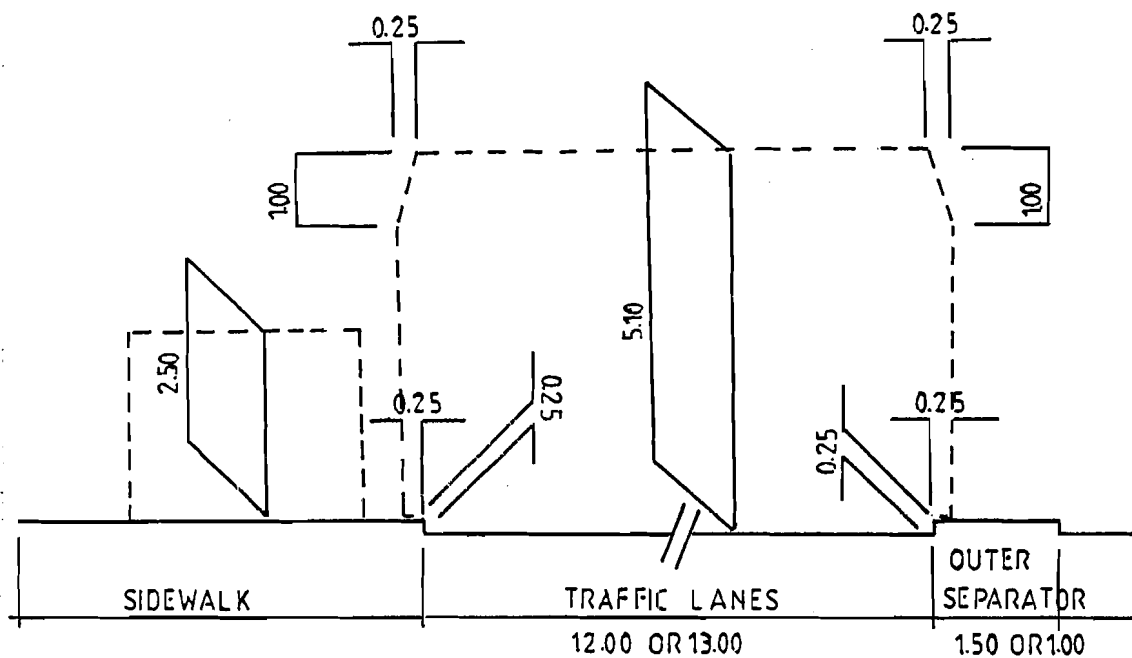


TOLLWAY- LONG BRIDGE SECTION (LONGER THAN 50^m)

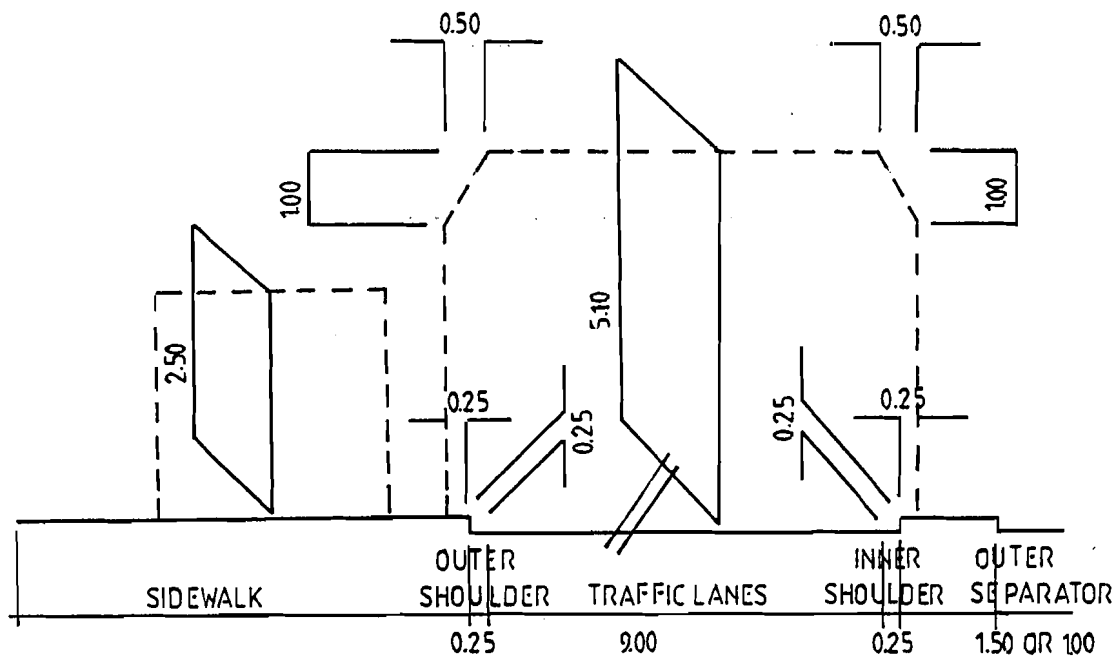


Gambar 4.2 Ruang kebebasan Horizontal and Vertikal

ARTERIAL STREET WITHOUT SHOULDER AND SIDEWALK



ARTERIAL STREET WITH SHOULDER AND SIDEWALK



Gambar 4.3 Ruang bebas Horizontal and Vertical

Dimensi dari lebar lajur, bahu, median dan ruang bebas untuk jalan layang dan arteri dapat dilihat pada tabel 4.3.

Tabel 4.3. Daftar lebar dari lajur, bahu dan median serta ruang bebas

Tipe jalan	jalur	Bahu dalam	Bahu luar	Median
Bebas hambatan	3,50 m	0,50 m	2,00 m	2,00 m
Layang	3,50 m	0,50 m	1,50 m	2,00 m
Arteri	3,00 m	0,25 m	0,25 m	-

4.3.4 Jarak Pandangan

Jarak Pandangan adalah panjang bagian jalan didepan pengemudi yang masih dapat dilihat dengan jelas secara tidak terputus (kontinu). Untuk dapat mencapai keamanan yang cukup, suatu jalan harus direncanakan dapat menyediakan jarak pandangan yang cukup panjang sehingga memungkinkan pengemudi mengatur kecepatan kendaraannya untuk dapat menghindari timbulnya bahaya.

4.3.4.1 Jarak Pandangan Henti

Jarak Pandangan Henti adalah jarak yang diperlukan oleh pengemudi untuk menghentikan kendaraan yang sedang berjalan setelah melihat adanya rintangan pada lajur yang dijalani. Untuk mengukur jarak pandangan henti diasumsikan, ketinggian mata pengemudi 1,25 meter dan ketinggian penghalang adalah 0,10 meter. Berdasarkan standar Bina Marga yang memberikan hubungan antara kecepatan rencana dengan jarak pandangan henti diperoleh dari tabel 4.4.

a. Jalan tol : Jph = 115 m

b. Jalan arteri : Jph = 77 m

Tabel 4.4 Hubungan antara kecepatan rencana dengan jarak pandangan henti

Kecepatan Rencana (km/jam)	Jarak pandangan henti (m)
120	225
100	165
80	115
60	75
50	55
40	40
30	40

4.3.4.2 Jarak Pandangan Menyiap

Jarak Pandangan Menyiap adalah (untuk jalan dua jalur), yaitu jarak pandangan yang diperlukan pengemudi untuk menyiap kendaraan didepannya dengan mempergunakan jalur lalu-lintas lawan. Diasumsikan ketinggian mata pengemudi dan ketinggian penghalang adalah sama, yaitu 1,25 m.

Untuk perancangan proyek ini, jarak pandangan menyiap tidak diperlukan karena pada perancangan jalan Tol Cawang – Grogol lalu-lintas dari arah berlawanan dipisahkan oleh median.

4.3.5 Alinyemen Horizontal

Alinyemen Horizontal adalah proyeksi sumbu jalan tegak lurus bidang gambar. Alinyemen Horizontal berupa garis lurus serta garis lengkung. Pada perancangan alinyemen horizontal perlu diketahui beberapa faktor yang mempengaruhinya, yaitu superelevasi, landai relatif, lengkung horizontal, jarak pandangan pada tikungan, pelebaran pada tikungan dan elemen-elemen lengkung horizontal.

4.3.5.1 Superelevasi

Superelevasi adalah kemiringan perkerasan jalan dalam arah melintang pada tikungan, yang berfungsi menahan gaya sentrifugal yang timbul di tikungan.

Superelevasi maximum ditentukan berdasarkan faktor-faktor iklim, topografi dan daerah. Dalam perancangan, superelevasi maximum ditentukan sebagai berikut :

- Jalan bebas hambatan $e_{\max} = 10 \%$
- Jalan arteri $e_{\max} = 10 \%$

Untuk perancangan lengkung horizontal, harga superelevasi pada kecepatan rencana tertentu, dapat ditentukan dari jari-jari kelengkungan (R) atau derajat kelengkungan (D) seperti yang diperlihatkan pada tabel (lampiran 2).

4.3.5.2 Landai Relatif

Landai Relatif adalah perbedaan antara kelandaian memanjang antara tepi luar perkerasan dengan profil sumbu jalan. Landai relatif ini dipergunakan untuk memperhitungkan lengkung peralihan minimum. Besarnya landai relatif ditentukan berdasarkan standar Bina Marga yang ditunjukkan oleh hubungan antara kecepatan rencana dengan landai relatif seperti yang ditunjukkan pada tabel 4.5.

Tabel 4.5 Hubungan antara kecepatan rencana dengan landai relatif

Kec.Rencana (km/jam)	120	100	80	60	50	40	30
Landai Relatif	1/280	1/240	1/200	1/160	1/140	1/120	1/100

Dalam perancangan simpang Grogol ini diambil harga landai relatif maksimum antara tepi perkerasan sebagai berikut :

- a. Jalan bebas hambatan dengan kecepatan 80 km / jam : 1 / 200
- b. Jalan Arteri dengan kecepatan 60 km / jam : 1 / 160

4.3.5.3 Lengkung Horizontal

Lengkung Horizontal adalah lengkung pada alinyemen horizontal yang disediakan untuk perubahan arah dari garis as jalan. Ketika kendaraan memasuki daerah lengkung maka akan ada gaya sentrifugal dengan arah mendatar ke luar yang melalui titik berat kendaraan. Untuk mengimbangi gaya sentrifugal tersebut akan ada gaya sentripetal yang arahnya berlawanan.

Hubungan antara jari-jari lengkung, kecepatan, superelevasi dan gesekan adalah sebagai berikut :

$$R = \frac{V^2}{127(e + f)} \dots\dots\dots(4.1)$$

Dengan : R = jari-jari kelengkungan (m)

V= kecepatan rencana (km / jam)

e = superelevasi (m / m)

f= koefisien gesekan

Jari-jari minimum ditentukan berdasarkan kondisi superelevasi maximum yaitu (e_{max}) dan koefisien gesekan melintang maximum (f_{max}) dengan kecepatan rencana tertentu. Dalam perancangan ini besar jari-jari minimum ditentukan sebagai berikut :

Tol $R_{min} = 210$ m

Arteri $R_{min} = 120$ m

AASHTO 1994 menyarankan harga f seperti pada tabel 4.7 sebagai berikut :

Tabel 4.6 Nilai f dari AASHTO 1994

V rencana	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
F maksimum	0,17	0,17	0,16	0,15	0,14	0,14	0,13	0,12	0,11	0,09

4.3.5.4 Kebebasan Samping Pada Tikungan

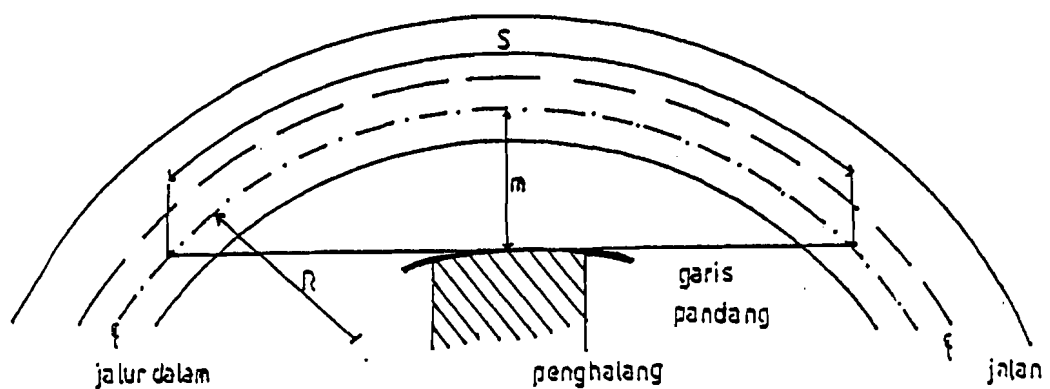
Kebebasan Samping pada tikungan adalah jarak antara sumbu lajur jalan sebelah dalam sampai penghalang yang tingginya 70 cm dari atas permukaan perkerasan untuk jarak pandangan henti. Kebebasan Samping untuk jalan tol dan jalan arteri ditentukan dengan rumus :

$$m = R \left(1 - \cos \frac{28,65 \times S}{R} \right)$$

Dimana : m = kebebasan samping pada tikungan (m)

R = jari-jari tikungan dari sumbu lajur terdalam (m)

S = jarak pandangan henti (m)



Gambar 4.4 Kebebasan Samping pada Tikungan

4.3.5.5 Pelebaran Perkerasan Pada Tikungan

Pelebaran perkerasan pada tikungan diperlukan karena pada waktu membelok kendaraan tidak dapat tepat mengikuti lajur yang disediakan sehingga ada bagian kendaraan yang memerlukan lebar lajur yang lebih besar.

Besarnya lebar perkerasan pada tikungan ditentukan dengan rumus :

$$B = n(b' + c) + (n - 1) T_d + z \dots\dots\dots (4.3)$$

Dengan : B = pelebaran perkerasan (m)

n = jumlah lajur lalu-lintas

b' = lebar lintasan kendaraan truk pada tikungan (m)

c = kebebasan samping = 0.80 m

z = lebar tambahan akibat kelainan dalam mengemudi (m)

T_d = lebar melintang akibat tonjolan depan (m)

Harga-harga b' , T_d dan z diperoleh dengan rumus-rumus sebagai berikut :

$$b' = 2,59 + R - \sqrt{(R^2 - L^2)} \dots\dots\dots (4.3 a)$$

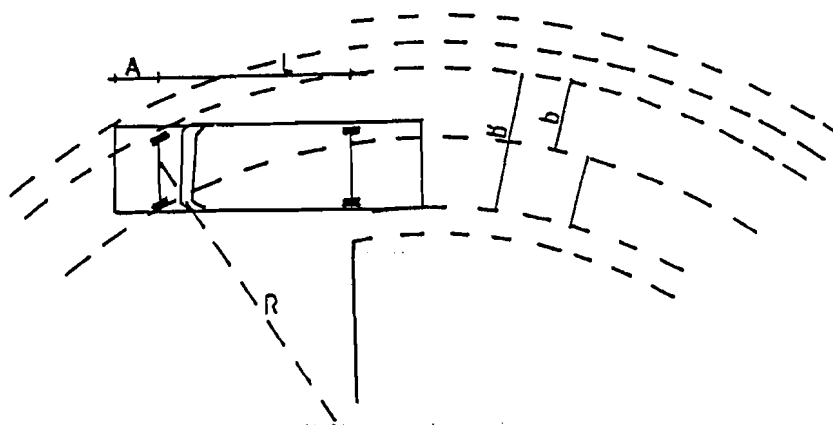
$$T_d = \sqrt{(R^2 + A(2L + A))} - R \dots\dots\dots (4.3 b)$$

$$z = V / \sqrt{R} \dots\dots\dots (4.3 c)$$

Dengan : R = jari-jari tikungan

A = front overhang SU

L = wheel base SU



Gambar 4.5 Pelebaran Perkerasan pada Tikungan

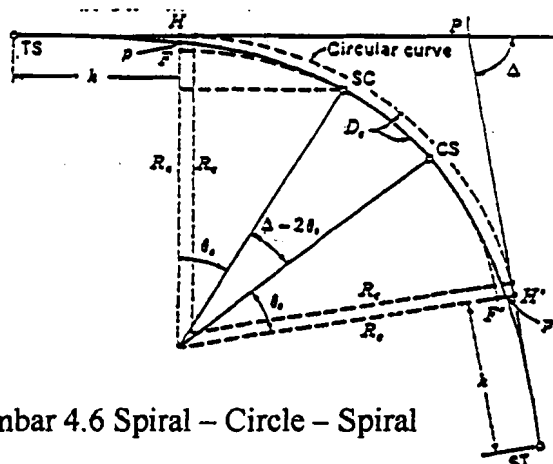
4.3.5.6 Elemen-elemen Lengkung Horizontal

Elemen-elemen horizontal diperhitungkan untuk tiap-tiap titik perpotongan (“point of intersection”). Lengkung horizontal terdiri dari beberapa macam lengkung yang diantaranya :

- a. Full Circle
- b. Spiral-Circle-Spiral
- c. Spiral-Spiral

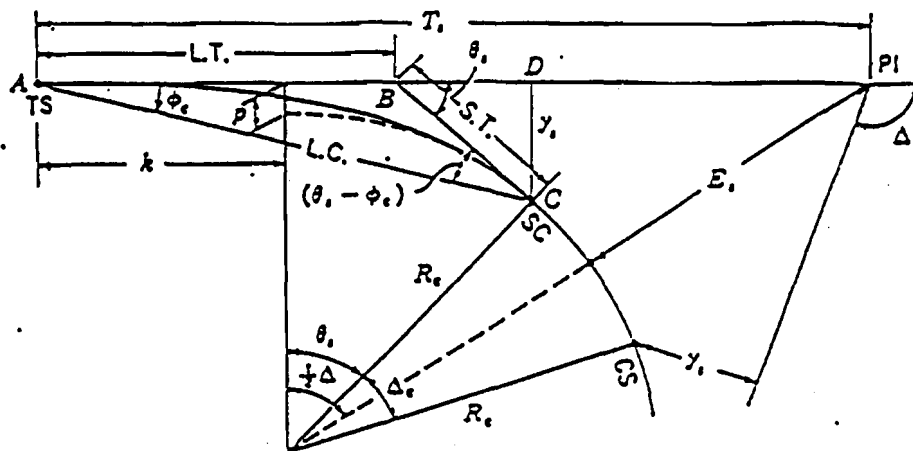
Lengkung horizontal yang digunakan adalah lengkung “Spiral-Circle-Spiral”, karena jari-jari lengkung yang memenuhi tempat dan kondisi di lapangan lebih kecil dari jari-jari minimum untuk bentuk “Full Circle”.

Lengkung “Spiral-Circle-Spiral” pada dasarnya terdiri dari elemen-elemen tersebut dijelaskan pada gambar 4.6 di bawah ini :



Gambar 4.6 Spiral – Circle – Spiral

a. Elemen-elemen Spiral (gambar 4.7)



Gambar 4.7 Elemen – elemen spiral

$$\theta_s = \frac{L_s}{2 R_c} \cdot \frac{360}{2 \Pi} ; \theta_s (^{\circ}) \dots \dots \dots (4.4 a)$$

L_s (m)

R_c (m)

$$X_s = \frac{L_s}{100} (100 - 0,30461 \theta_s^2 \cdot 10^{-2} + 0,42959 \theta_s^4 \cdot 10^{-7} - 0,30198 \theta_s^6 \cdot 10^{-12} + 0,13572 \theta_s^8 \cdot 10^{-17}) \dots \dots \dots (4.4 b)$$

$$Y_s = \frac{L_s}{100} (0,58177 \theta_s - 0,12658 \theta_s^3 \cdot 10^{-4} + 0,12269 \theta_s^5 \cdot 10^{-9} - 0,65255 \theta_s^7 \cdot 10^{-15}) \dots \dots \dots (4.4 c)$$

$$p = Y_s - R_c (1 - \cos \theta_s) \dots \dots \dots (4.4 d)$$

$$k = Y_s - R_c (\sin \theta_s) \dots \dots \dots (4.4 e)$$

$$T_s = (R_c + p) \tan \frac{1}{2} \Delta + k \dots \dots \dots (4.4 f)$$

$$E_s = (R_c + p) \sec \frac{1}{2} \Delta - R_c \dots\dots\dots (4.4 g)$$

b. Elemen – elemen Circle :

$$\Delta_c = \Delta - 2 \theta_s \dots\dots\dots (4.4 h)$$

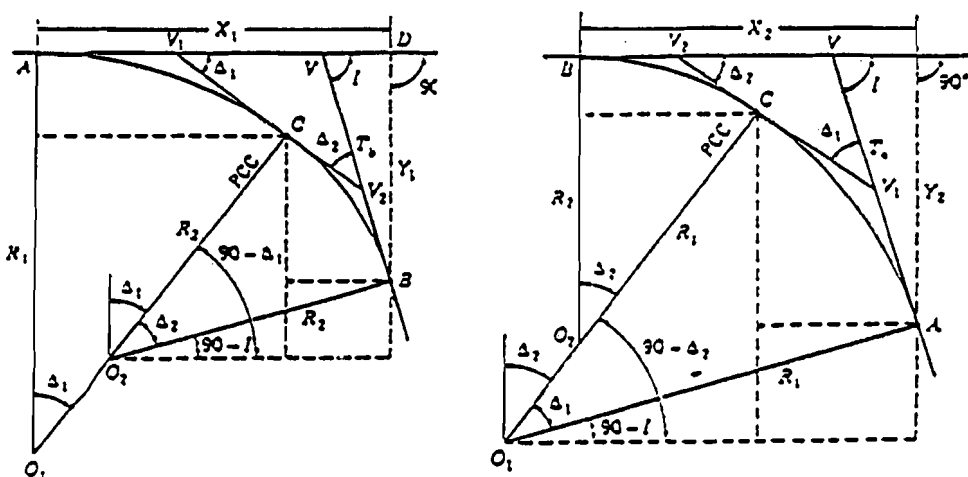
$$c = \frac{\Delta_c}{360} \cdot 2 \Pi \cdot R_c \dots\dots\dots (4.4 i)$$

c. Konstanta Spiral :

$$A = \sqrt{(R_c \cdot L_s)} \dots\dots\dots (4.4 j)$$

Selain bentuk tersebut di atas, pada perencanaan geometrik jalan arteri digunakan bentuk lengkung gabungan 2 – circle (“Two centered compound curve”), sebagai berikut (gambar 4.8).

1. elemen-elemen lengkung gabungan 2 circle :



Gambar 4.8 Gabungan Dua Circle

$$X_1 = R_2 \cdot \sin I + (R_1 - R_2) \cdot \sin \Delta_1 \dots\dots\dots (4.5 a)$$

$$Y_1 = R_1 - R_2 \cdot \cos I - (R_1 - R_2) \cdot \cos \Delta_1 \dots\dots\dots (4.5 b)$$

$$\begin{aligned}
 T_b &= Y_1 / \sin I \\
 &= \frac{R_1 - R_2 \cdot \cos I - (R_1 - R_2) \cdot \cos \Delta_1}{\sin I} \quad \dots (4.5 c)
 \end{aligned}$$

$$X_2 = R_1 \cdot \sin I - (R_1 - R_2) \cdot \sin \Delta_2 \dots \dots \dots (4.5 d)$$

$$Y_2 = R_2 - R_1 \cdot \cos I + (R_1 - R_2) \cdot \cos \Delta_2 \dots \dots \dots (4.5 e)$$

$$\begin{aligned}
 T_a &= Y_2 / \sin I \\
 &= \frac{R_1 - R_2 \cdot \cos I - (R_1 - R_2) \cdot \cos \Delta_1}{\sin I} \quad \dots (4.5 f)
 \end{aligned}$$

dari (c) diperoleh :

$$\text{vers } \Delta_1 = \frac{T_b \cdot \sin I - R_2 \cdot \text{vers } I}{R_1 - R_2} \dots \dots \dots (4.5 g)$$

dari (f) diperoleh :

$$\text{vers } \Delta_2 = \frac{R_1 \text{ vers } I - T_a \cdot \text{vers } I}{R_1 - R_2} \dots \dots \dots (4.5 h)$$

dari (a) didapat :

$$\sin \Delta_1 = \frac{X_1 - R_2 \cdot \sin I}{R_1 - R_2} = \frac{T_a + T_b \cdot \cos I - R_2 \cdot \sin I}{R_1 - R_2} \dots \dots \dots (4.5 i)$$

dari (d) didapat :

$$\sin \Delta_2 = \frac{R_1 \cdot \sin I - X_2}{R_1 - R_2} = \frac{R_1 \cdot \sin I - T_a \cdot \cos I - T_b}{R_1 - R_2} \dots\dots\dots(4.5 j)$$

dari pembagian (g) dengan (i) dan mengingat bahwa $\text{vers } \Delta_1 / \sin \Delta_1 =$

$\tan \frac{1}{2} \Delta_1$, diperoleh :

$$\tan \frac{1}{2} \Delta_1 = \frac{T_b \cdot \sin I - R_2 \cdot \text{vers } I}{T_a + T_b \cdot \cos I - R_2 \cdot \sin I} \dots\dots\dots(4.5 k)$$

demikian juga dari (h) dan (j), diperoleh :

$$\tan \frac{1}{2} \Delta_2 = \frac{R_1 \cdot \text{vers } I - T_a \cdot \sin I}{R_1 \cdot \sin I - T_a \cdot \cos I - T_b} \dots\dots\dots(4.5 l)$$

dari (b) kita dapatkan :

$$R_1 = R_2 + \frac{Y_1 - R_2 \cdot \text{vers } I}{\text{Vers } \Delta_1} = R_2 + \frac{T_b \cdot \sin I - R_2 \cdot \text{vers } I}{\text{Vers } \Delta_1} \dots\dots\dots(4.5 m)$$

Demikian pula dari (d), kita dapatkan :

$$R_2 = R_1 - \frac{R_1 \cdot \text{Vers } I - T_a \cdot \sin I}{\text{Vers } \Delta_2} \dots\dots\dots(4.5 n)$$

4.3.6 Alinyemen Vertikal

Alinyemen Vertikal adalah proyeksi sumbu jalan pada bidang vertikal. Pada perancangan perlu diperhatikan beberapa hal, seperti kelandaian, panjang landai kritis dan lengkung vertikal.

4.3.6.1 Kelandaian

Kelandaian ini perlu diperhatikan, terutama pada landai positif (naik), agar kendaraan dapat berjalan sesuai kecepatan yang direncanakan. Dalam perencanaan alinyemen vertikal, kelandaian dibatasi dengan kelandaian maksimum yang besarnya ditentukan :

- Freeway : Landai maksimum = 5 % ($V_r = 80$ km / jam)
- Arteri : Landai maksimum = 8 % ($V_r = 60$ km / jam)

Besarnya kelandaian ini ditentukan berdasarkan persyaratan AASHTO 1994, yang ditunjukkan oleh hubungan antara kecepatan rencana dan keadaan topografi.

Tabel 4.7 Hubungan antara Kecepatan Rencana dengan kelandaian

Jenis Topografi	Kecepatan Rencana (mph)					
	30	40	50	60	65	70
	Kelandaian (%)					
	Freeway					
Flat	-	5	4	3	3	3
Rolling	-	6	5	4	4	4
Hilly	-	8	7	6	6	5
	Arteri					
Flat	8	7	6	5	-	-
Rolling	9	8	7	6	-	-
Hilly	11	10	9	8	-	-

Agar kecepatan dan kelancaran kendaraan tidak terganggu karena kelandaian, maka perlu diberikan jarak batas untuk setiap kelandaian tertentu dan disebut dengan “ Panjang Landai Kritis “, yaitu panjang maksimum kelandaian yang masih diperkenankan tanpa mengakibatkan terganggunya arus lalu-lintas dengan berkurangnya kecepatan kendaraan berat sampai 25 km / jam (menurut Bina Marga). Panjang kritis, sesuai Bina Marga adalah sesuai tabel 4.8 dibawah.

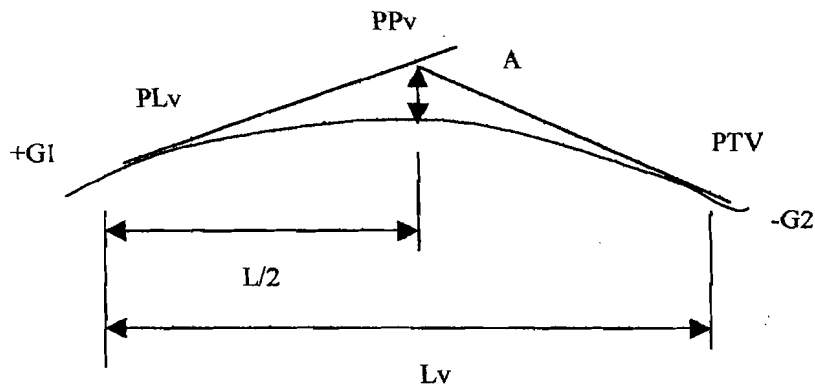
Tabel 4.8 Hubungan antara Landai Kritis dengan Panjang Kritis

Landai (%)	3	4	5	6	7	8	10	12
Panjang Kritis (m)	480	330	250	200	170	150	135	120

Selain itu, ada juga pembatasan landai minimum dengan maksud untuk keperluan drainasi yang besarnya 0,5 %.

4.3.6.2 Lengkung Vertikal

Pada setiap pergantian landai vertikal harus dibuat suatu lengkung vertikal dengan tujuan untuk merubah kelandaian secara bertahap. Lengkung vertikal tersebut harus memenuhi keamanan, kenyamanan, drainase yang baik dan enak dipandang mata.



Gambar 4.9 Lengkung vertikal

Bentuk lengkung vertikal yang mungkin terjadi adalah lengkung parabola cekung dan lengkung parabola cembung. A yang bertanda (+) berarti lengkung vertikal cekung dan (-) lengkung vertikal cembung.

Lengkung parabola tersebut mempunyai data-data sebagai berikut :

- a. g_1 dan g_2 = kelandaian (%), dimana yang bertanda (+) berarti pendakian dan yang bertanda (-) penurunan
- b. A = perbedaan kelandaian, $g_1 - g_2$ (%)
- c. PPV = titik perpotongan antara kedua kelandaian
- d. PLV = titik awal lengkung vertikal
- e. PTV = titik akhir lengkung vertikal
- f. L = panjang lengkung vertikal (m), yaitu jarak horizontal antara PLV dan PTV
- g. EV = pergeseran vertikal dari PPV
- h. $EV = A \times Lv / 800$(4.6)

Penentuan panjang lengkung vertikal minimum didasarkan pada jarak pandang henti dan drainasi jalan dengan standar Bina Marga, seperti terlihat pada gambar 4.8 dan 4.9.

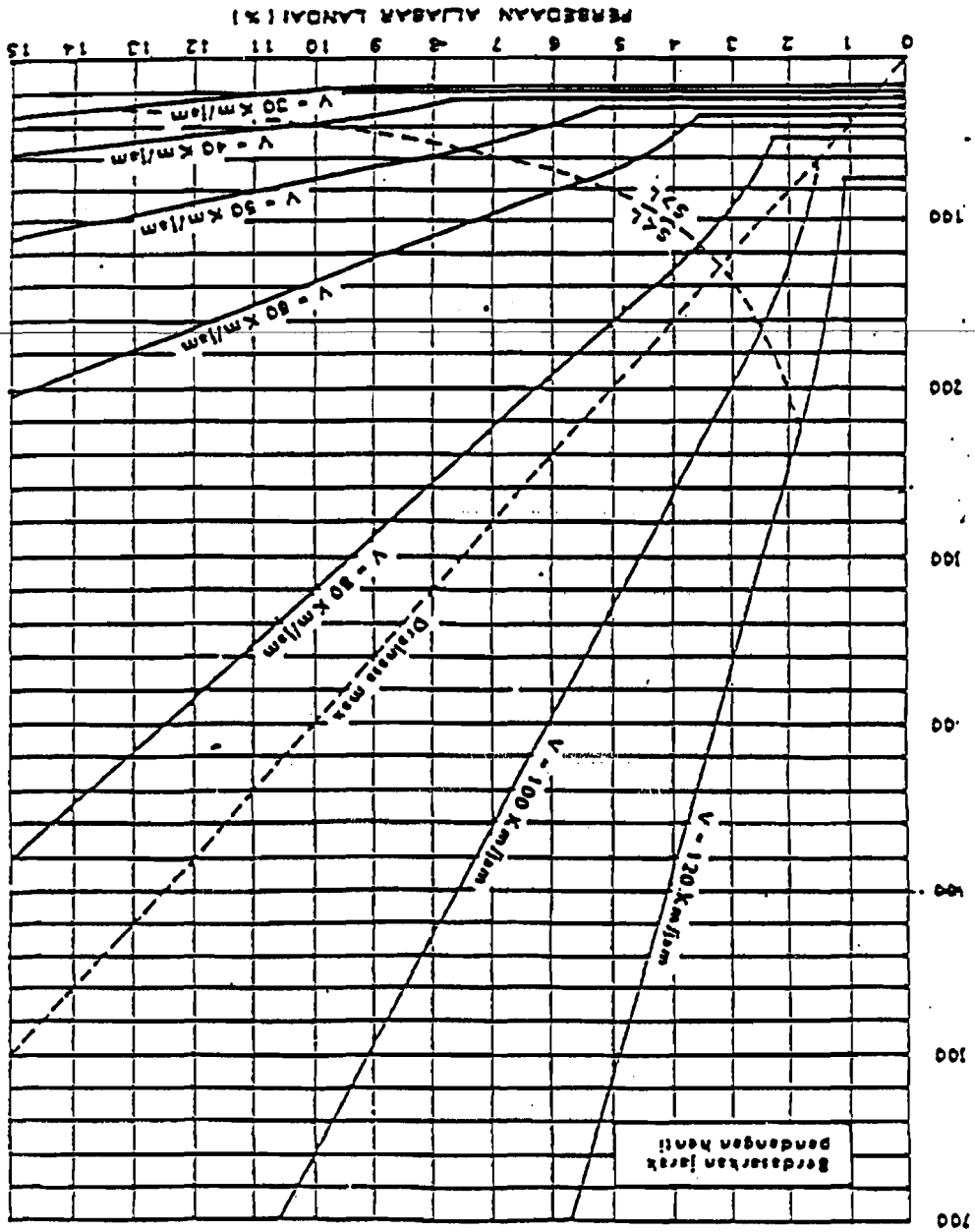
4.3.7 Garis dasar("Base Line")

Dalam perancangan perlu ditetapkan garis dasar yang digunakan untuk dasar penetapan kelengkungan, stasioning dan sebagai titik acuan penetapan kemiringan melintang dari permukaan jalan.

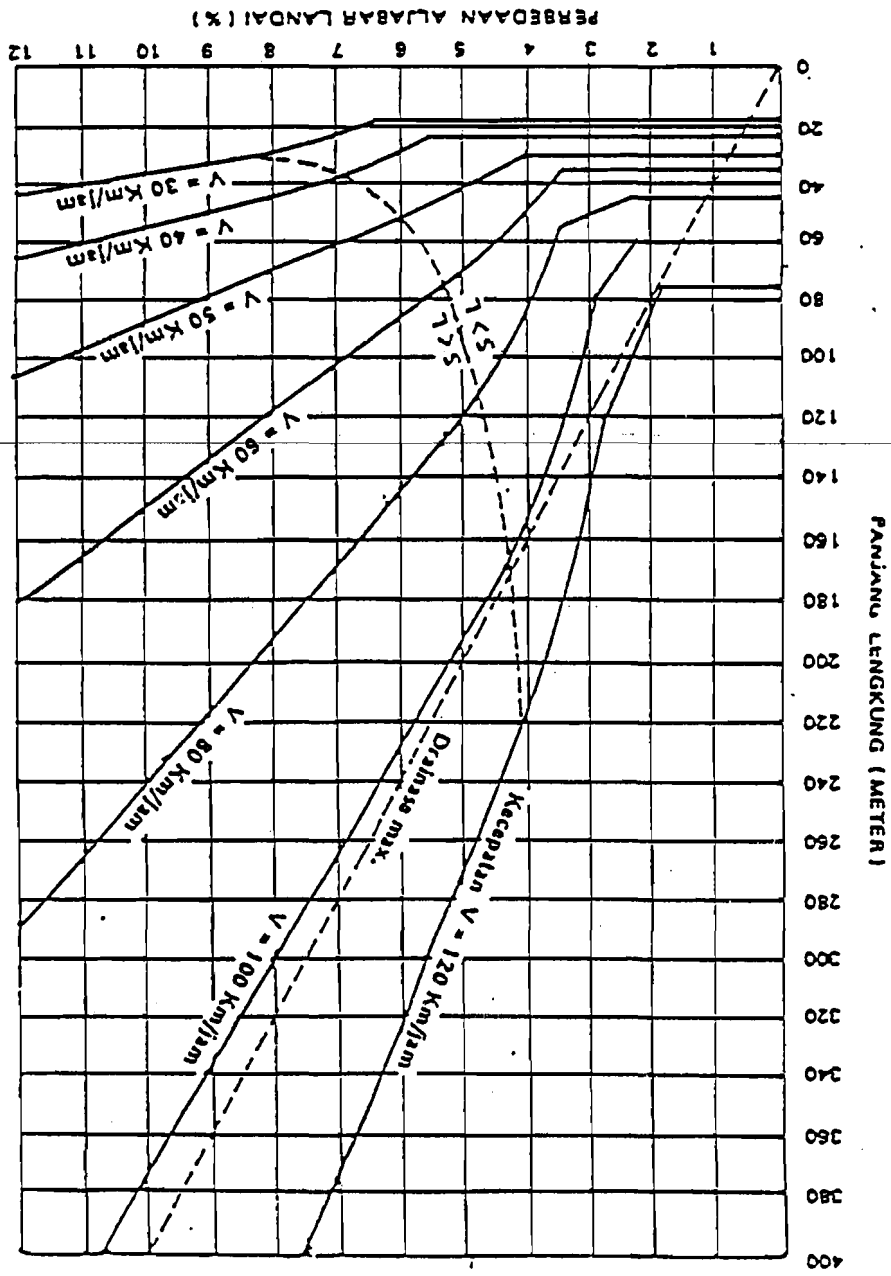
4.3.8 Potongan Melintang

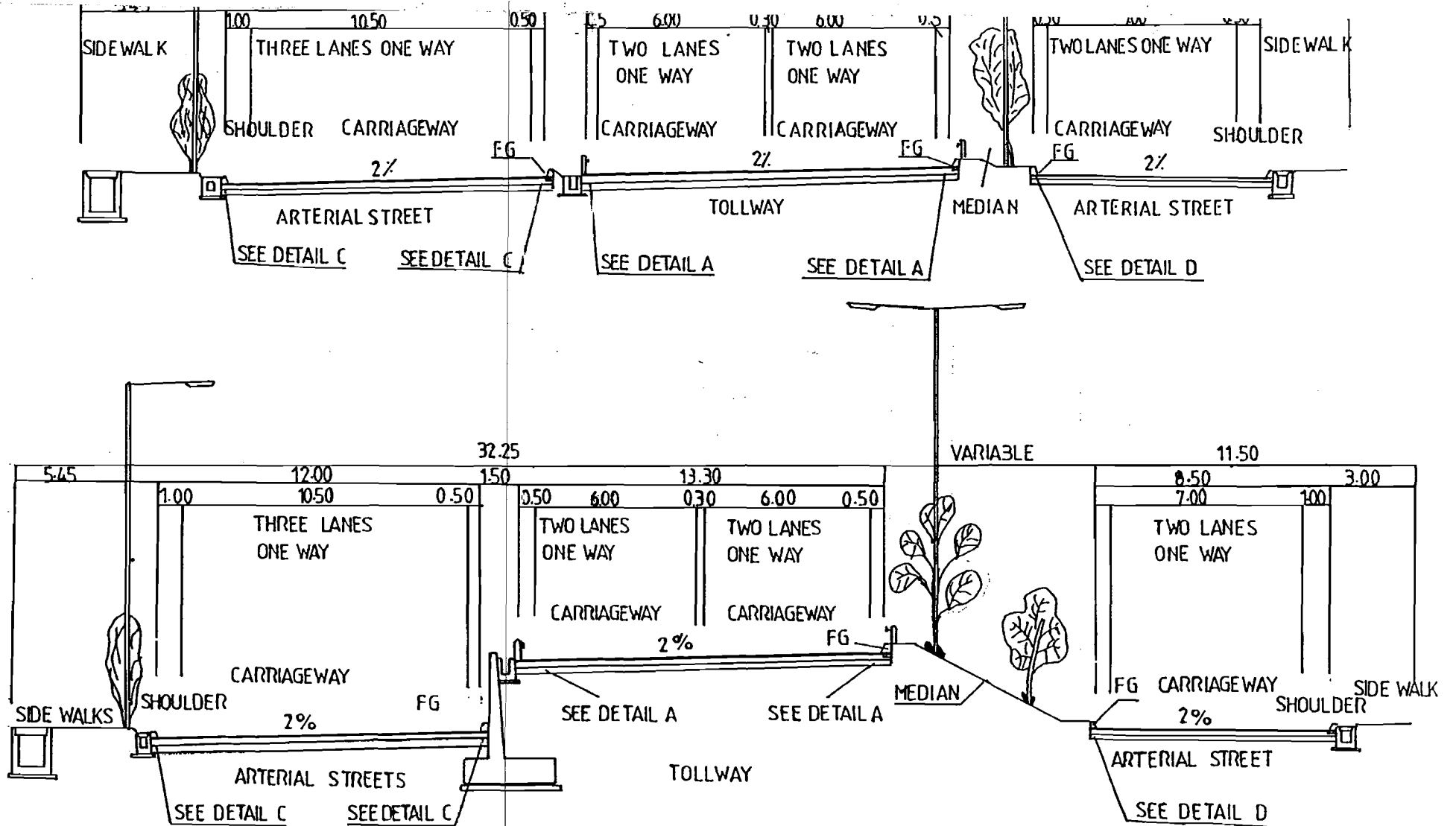
- a. "Pavement Crossfall", bahan permukaan aspal beton.
 1. Tol = 2 %
 2. Arteri = 2 %
- b. Kemiringan Bahu
 1. Tol = 4 %, bahan permukaan : seal coat
 2. Arteri = 2 %, bahan permukaan : laston

Gambar 4.10 Panjang Lengkung Vertikal Cembung



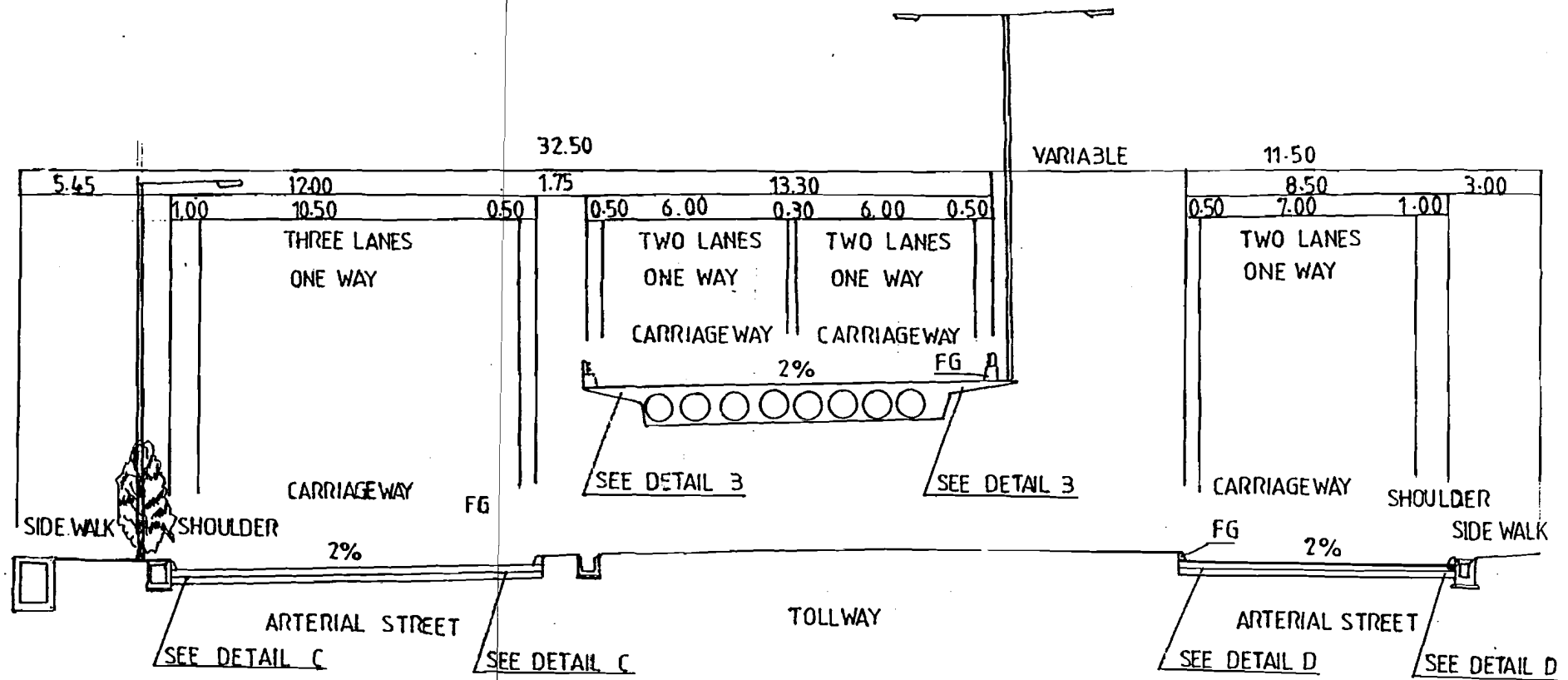
Gambar 4.11 Panjang Lengkung Vertikal Cekung





Gambar 4.10 Potongan Dinding Penahan Tanah

Skala 1 : 100



Gambar 4.11 Potongan Jembatan

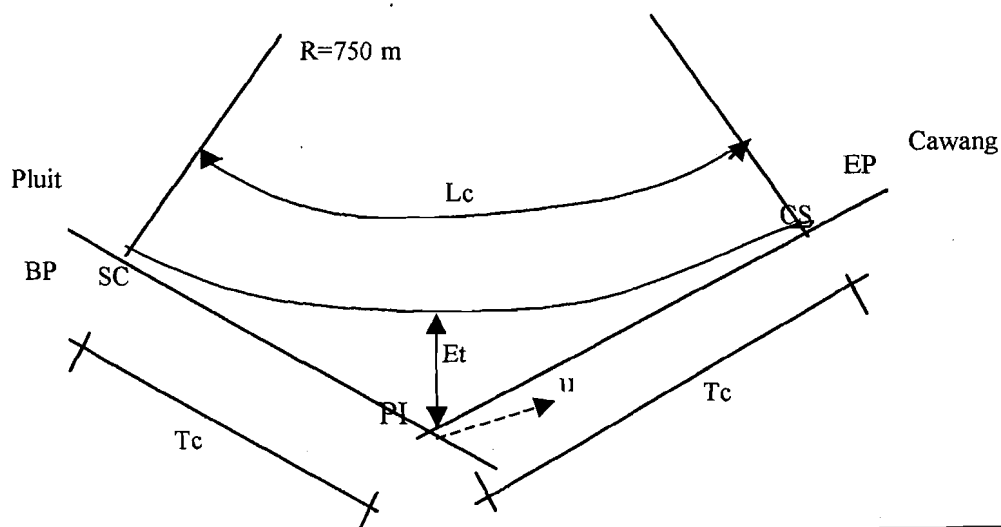
Skala 1 : 100

4.3.9 Hitungan

4.3.9.1 Alinyemen Horizontal

Dalam evaluasi ini alinyemen horizontal yang akan ditinjau adalah lengkung pada jalan layang dan arteri ke arah Cawang dan lengkung pada jalan arteri ke arah Halim.

1. Jalan layang dan arteri ke arah Cawang



Kordinat :

$$PI = (3245,6001 ; -2495,1000)$$

$$BP = (4089,6367 ; -2128,4659)$$

$$EP = (2784,2215 ; -1991,2159)$$

Jalan layang arah Cawang

Dirancang Full Circle

$$R_{\text{rencana}} = 750 \text{ m}$$

$$V_{\text{rencana}} = 80 \text{ km / jam}$$

$$\Delta = 71,0117^\circ$$

$$e_{\text{maks}} = 10 \%$$

$$e_n = 2 \%$$

$$f = 0.14 \text{ (AASHTO 1994)}$$

$$e + f \geq V^2 / 127 \cdot R \dots\dots\dots (4.1)$$

$$0,02 + 0,14 \geq 80^2 / 127 \cdot 750$$

$$0,16 \geq 0,06 \text{ ----- Okey}$$

$$a. L_c = (\Delta^\circ / 360^\circ) \cdot 2\pi \cdot R$$

$$= (71,0117^\circ / 360^\circ) \cdot 2\pi \cdot 750$$

$$= 1070,17 \text{ m}$$

$$b. T_c = R \cdot \text{tg } 0,5 \Delta^\circ$$

$$= 750 \cdot \text{Tg } 0,5 \cdot 71,0117^\circ$$

$$= 535,085 \text{ m}$$

$$c. E_c = R / \cos 0,5 \Delta - R$$

$$= 750 / \cos 0,5 \cdot 71,0117^\circ - 750$$

$$= 171,3123 \text{ m}$$

$$D = 1432,4 / R$$

$$= 1432,4 / 750$$

$$= 1^\circ 54' 32.4''$$

$$V_r = 80 \text{ km / jam}$$

Dari tabel Bina Marga (lampiran) diperoleh harga $e = 0,045$

Stasioning :

$$\text{a. stasiun SC} = \text{Sta BP} + d1 - Tc = 0 + 385,418$$

$$\text{b. stasiun CS} = \text{sta SC} + Lc = 0 + 1455,588$$

$$\text{c. stasiun EP} = \text{Sta CS} + d2 - Tc = 0 + 1603,5057$$

Jalan arteri arah Cawang

Dirancang Full circle

$$R_{\text{rencana}} = 750 \text{ m}$$

$$V_{\text{rencana}} = 60 \text{ km / jam}$$

$$\Delta = 71,0117^\circ$$

$$e_{\text{max}} = 10 \%$$

$$e_n = 2\%$$

$$f = 0,15 \text{ (AASHTO 1994)}$$

$$e + f \geq V^2 / 127 \cdot R$$

$$0,02 + 0,15 \geq 60^2 / 127 \cdot 750$$

$$0,17 \geq 0,0377 \text{ ----- okey}$$

$$a. L_c = (\Delta / 360^\circ) \cdot 2 \pi \cdot R$$

$$= (71,0117^\circ / 360^\circ) \cdot 2 \pi \cdot 750$$

$$= 1070,17 \text{ m}$$

$$b. T_c = R \cdot \operatorname{tg} 0,5 \cdot \Delta$$

$$= 750 \cdot \operatorname{Tg} 0,5 \cdot 71,0117^\circ$$

$$= 535,085 \text{ m}$$

$$c. E_c = R / \cos 0,5 \cdot \Delta - R$$

$$= 750 / \cos 0,5 \cdot 71,0117^\circ - 750$$

$$= 171,3123 \text{ m}$$

$$D = 1432,4 / R$$

$$= 1432,4 / 750$$

$$= 1^{\circ} 54' 32,4''$$

$$V_r = 60 \text{ km / jam}$$

Dari tabel Bina Marga diperoleh $e = 0,028$

Stasioning :

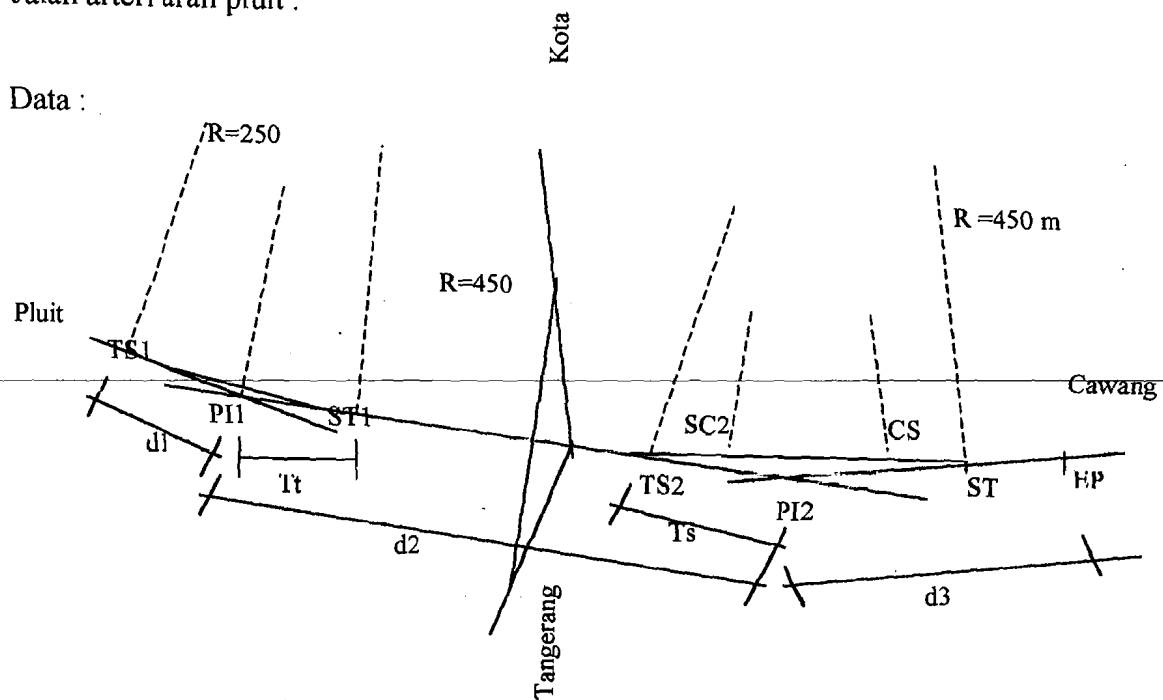
a. stasiun SC = Sta BP + d1 - Tc = 0 + 385,418

b. stasiun CS = sta SC + Lc = 0 + 1455,588

c. stasiun EP = Sta CS + d2 - Tc = 0 + 1603,5057

Jalan arteri arah pluit :

Data :



i	titik	X_i	Y_i
1	BP	3778,6326	- 2274,3170
2	PI1	3747,3022	- 2287,5358
3	PI2	3476,5345	- 2360,5581
4	EP	3309,2000	- 2337,1000

1. Menghitung d & I

$$\begin{aligned}
 d_1 &= \sqrt{((X_2 - X_1)^2 + (Y_2 - Y_1)^2)} \\
 &= \sqrt{((3747,3022 - 3778,6326)^2 + (-2287,5385 + 2274,3170)^2)} \\
 &= 34,006 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 d_2 &= \sqrt{((X_3 - X_2)^2 + (Y_3 - Y_2)^2)} \\
 &= \sqrt{((3476,5345 - 3747,3022)^2 + (-2360,5581 + 2287,5385)^2)} \\
 &= 280,441 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 d_3 &= \sqrt{((X_4 - X_3)^2 + (Y_4 - Y_3)^2)} \\
 &= \sqrt{((3309,2 - 3476,5345)^2 + (-2337,1000 + 2360,5581)^2)} \\
 &= 168,971
 \end{aligned}$$

$$\alpha_2 = \arctg \frac{3476,5345 - 3747,3022}{-2360,5581 + 2287,5385}$$

$$= 74,908^\circ$$

$$\alpha_1 = \arctg \frac{3747,3022 - 3778,6326}{-2287,5385 + 2274,3170}$$

$$= 67,120^\circ$$

$$I_1 = \alpha_2 - \alpha_1 = 74,908^\circ - 67,120^\circ = 7,787^\circ$$

$$\alpha_3 = \arctg \frac{3309,2 - 3476,5345}{-2337,1 + 2360,5581}$$

$$= 51,881^\circ$$

$$\alpha_2 = \arctg \frac{3476,5345 - 3747,3022}{-2360,5581 + 2287,5385}$$

$$= 74,908^\circ$$

$$I_2 = \alpha_3 - \alpha_2 = 23,089^\circ$$

Menghitung elemen lengkung dari PI_1

S - S

R = 250 m

$I_1 = 7,787^\circ$

V = 60 km/jam

e maks = 10 %

$$D = 1432,4 / R = 1432,4 / 250 = 5,7296^\circ = 5^\circ 43' 46,56''$$

Dari tabel Bina Marga

$$D = 5^\circ 00' \longrightarrow e = 0,062 ; L_s = 50$$

$$D = 6^\circ 00' \longrightarrow e = 0,071 ; L_s = 50$$

Untuk $D = 5^\circ 43' 46,56''$ dicari dengan cara interpolasi :

$$\frac{6^\circ 00' - 5^\circ 00'}{6^\circ 00' - 5^\circ 43' 46,56''} = \frac{0,071 - 0,062}{0,071 - e}$$

$$e = 0,0686$$

$$e = 0,0686$$

$$\theta_s = \frac{1}{2} \Delta = 1/2 \cdot 7,787^\circ = 3,9^\circ = 3^\circ 48' 00''$$

$$L_c = \theta_s \cdot 2\pi R / 360 = 3,9 \cdot 2\pi \cdot 250 / 360 = 17,017 \text{ m} < 20 \text{ m} \quad \text{OK}$$

$$L_s = \theta_s \cdot R / 28,648 = 3,9.250 / 28,648 = 34,00$$

$$L_{\text{tot}} = 2 \cdot L_s = 68,00$$

Sesuai dengan tabel Joseph Barnett (lampiran)

$$\theta_s = 3^\circ 50' 00'' \longrightarrow k^* = 0,4999378$$

$$p^* = 0,0050899$$

$$\theta_s = 3^\circ 00' 00'' \longrightarrow k^* = 0,4999543$$

$$p^* = 0,0043629$$

Untuk $\theta_s = 3^\circ 48' 00''$

$$\frac{3^\circ 50' 00'' - 3^\circ 00' 00''}{3^\circ 50' 00'' - 3^\circ 48' 00''} = \frac{0,4999378 - 0,4999543}{0,4999378 - k^*}$$

$$k^* = 0,49993912$$

$$\frac{3^\circ 50' 00'' - 3^\circ 00' 00''}{3^\circ 50' 00'' - 3^\circ 48' 00''} = \frac{0,0050899 - 0,00443629}{0,0050899 - p^*}$$

$$p^* = 0,0050638$$

untuk $L_s = 34,00$

$$k = k^* \cdot L_s = 0,49993912 \cdot 34,00 = 16,998$$

$$p = p^* \cdot L_s = 0,0050638 \cdot 34,00 = 0,17$$

$$T_s = (R + p) \operatorname{tg} \frac{1}{2} \Delta + k = (250 + 0,17) \operatorname{tg} \frac{1}{2} \cdot 7,787 + 16,998$$

$$= 34,006 \text{ m} \dots\dots\dots (4.4 f)$$

$$E_s = (R + p) / \cos \frac{1}{2} \Delta - R = (250 + 0,17) / \cos \frac{1}{2} \cdot 7,787 - 250$$

$$= 0,75 \text{ m} \dots\dots\dots (4.4 g)$$

Menghitung elemen lengkung dari PI_2

S - C - S

$R = 450 \text{ m}$

$\Delta = 23,089$

$V = 60 \text{ km/jam}$

$e \text{ maks} = 10 \%$

$D = 1432,4 / R = 1432,4 / 450 = 3,1831^\circ = 3^\circ 10' 59,16''$

Dari tabel Bina Marga :

$D = 3^\circ 00' \longrightarrow e = 0,040 ; L_s = 40$

$D = 3^\circ 30' \longrightarrow e = 0,047 ; L_s = 40$

Untuk $D = 3^\circ 10' 59,16''$ dicari dengan cara interpolasi :

$$\frac{3^\circ 30' - 3^\circ 00'}{3^\circ 30' - 3^\circ 10' 59,16''} = \frac{0,047 - 0,04}{0,047 - e}$$

$e = 0,043$

periksa L_s terhadap rumus "modified short" formula

$$\begin{aligned} L_s &= 0,022 \cdot V^3 / R \cdot C - 2,727 \cdot V \cdot e / C \\ &= 0,022 \cdot 60^3 / 450 \cdot 0,4 - 2,727 \cdot 60 \cdot 0,043 / 0,4 \\ &= 8,811 \text{ m} < L_s = 40 \text{ m} \end{aligned}$$

Dipakai $L_s = 40 \text{ m}$

$\theta_s = 28,648 \cdot L_s / R = 28,648 \cdot 40 / 450 = 2,547^\circ = 2^\circ 32' 49,2''$

$\Delta' = \Delta - 2 \cdot \theta_s = 23,089 - 2 \cdot 2,547 = 17,995^\circ = 17^\circ 59' 42''$

$L_c = \Delta' \cdot 2\pi R / 360 = 17^\circ 59' 42'' \cdot 2\pi \cdot 450 / 360 = 141,332 \text{ m}$

$$L_{\text{tot}} = 2.L_s + L_c = 2.40 + 141,332 = 221,332 \text{ m}$$

Tabel Joseph Barnett (lampiran)

$$\theta_s = 2^\circ 00' 00'' \longrightarrow k^* = 0,4999797$$

$$p^* = 0,0029088$$

$$\theta_s = 2^\circ 50' 00'' \longrightarrow k^* = 0,4999683$$

$$p^* = 0,0036359$$

Untuk $\theta_s = 2^\circ 33' 49,2'' = 2,547^\circ$ maka diinterpolasi :

$$\frac{2^\circ 50' 00'' - 2^\circ 00' 00''}{2^\circ 50' 00'' - 2^\circ 32' 49,2''} = \frac{0,4999683 - 0,4999797}{0,4999683 - k^*}$$

$$k^* = 0,4999650$$

$$\frac{2^\circ 50' 00'' - 2^\circ 00' 00''}{2^\circ 50' 00'' - 2^\circ 32' 49,2''} = \frac{0,0036359 - 0,0029088}{0,0036359 - p^*}$$

$$p^* = 0,003856$$

Jika $L_s = 40$ maka :

$$k = k^*.L_s = 0,4999650 . 40 = 19,9986$$

$$p = p^*.L_s = 0,003856 . 40 = 0,135424$$

$$T_t = (R + p) \operatorname{tg} \frac{1}{2} \Delta + k \dots \dots \dots (4.4 f)$$

$$= (450 + 0,135424) \operatorname{tg} \frac{1}{2} 17,995 + 19,9986$$

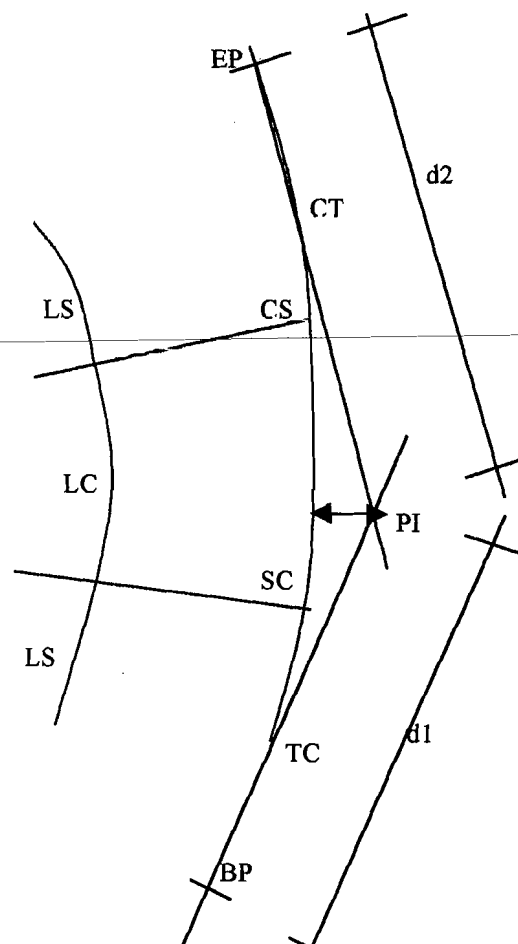
$$= 91,273 \text{ m}$$

$$E_t = (R + p) / \cos \frac{1}{2} \Delta - R \dots \dots \dots (4.4 g)$$

$$= (450 + 0,135424) / \cos \frac{1}{2} 17,995 - 450 = 5,744 \text{ m}$$

Penentuan stasiun-stasiun lengkung

- a. $\text{Sta BP} = \text{Sta TS1} = 0 + 34,006$
- b. $\text{Sta ST1} = \text{Sta TS1} + L_s = 34,006 + 34 = 0 + 68,006$
- c. $\text{Sta TS2} = \text{Sta ST1} + d_2 - T_s - T_t = 68,006 + 280,441 + 34,006 - 91,275$
 $= 0 + 223,166$
- d. $\text{Sta SC} = \text{Sta TS2} + L_s = 223,166 + 40 = 263,166 \text{ m}$
- e. $\text{Sta CS} = \text{Sta SC} + L_c = 263,166 + 141,332 = 0 + 404,498$
- f. $\text{Sta ST2} = \text{Sta CS} + L_s = 404,498 + 40 = 0 + 444,498$
- g. $\text{Sta EP} = \text{Sta ST2} + d_3 - T_t = 444,498 + 168,970 - 91,273$
 $= 0 + 552,195$



Menghitung elemen lengkung dari jalan Daan Mogot – Jalan Kiai Tapa

$$\Delta = 15,0971^\circ$$

Elemen lengkung S – C – S

$$R = 450 \text{ m}$$

$$\Delta = 23,089$$

$$V = 60 \text{ km/jam}$$

$$e \text{ maks} = 10\%$$

$$D = 1432,4 / R = 1432,4 / 450 = 3,1831^\circ = 3^\circ 10' 59,16''$$

Dari tabel Bina Marga :

$$D = 3^\circ 00' \longrightarrow e = 0,040 ; L_s = 40$$

$$D = 3^\circ 30' \longrightarrow e = 0,047 ; L_s = 40$$

Untuk $D = 3^\circ 10' 59,16''$ dicari dengan cara interpolasi :

$$\frac{3^\circ 30' - 3^\circ 00'}{3^\circ 30' - 3^\circ 10' 59,16''} = \frac{0,047 - 0,04}{0,047 - e}$$

$$e = 0,043$$

periksa L_s terhadap rumus "modified short" formula

$$L_s = 0,022 \cdot V^3 / R \cdot C - 2,727 \cdot V \cdot e / C$$

$$= 0,022 \cdot 60^3 / 450 \cdot 0,4 - 2,727 \cdot 60 \cdot 0,043 / 0,4$$

$$= 8,811 \text{ m} < L_s = 40 \text{ m}$$

Dipakai $L_s = 40 \text{ m}$

$$\theta_s = 28,648 L_s / R = 28,648 \cdot 40 / 450 = 2,547^\circ = 2^\circ 32' 49,2''$$

$$\Delta' = \Delta - 2 \cdot \theta_s = 15,0971 - 2 \cdot 2,547 = 17,995^\circ = 10^\circ 00' 11,16'' = 10,0031^\circ$$

$$L_c = \Delta' \cdot 2\pi R / 360 = 10^\circ 00' 11,16'' \cdot 2\pi \cdot 450 / 360 = 78,564 \text{ m}$$

$$L_{\text{tot}} = 2.L_s + L_c = 2.40 + 78,564 = 158,564 \text{ m}$$

Tabel Joseph Barnett (lampiran)

$$\theta_s = 2^\circ 00' 00'' \longrightarrow k^* = 0,4999797$$

$$p^* = 0,0029088$$

$$\theta_s = 2^\circ 50' 00'' \longrightarrow k^* = 0,4999683$$

$$p^* = 0,0036359$$

Untuk $\theta_s = 2^\circ 33' 49,2'' = 2,547^\circ$ maka diinterpolasi

$$\frac{2^\circ 50' 00'' - 2^\circ 00' 00''}{2^\circ 50' 00'' - 2^\circ 32' 49,2''} = \frac{0,4999683 - 0,4999797}{0,4999683 - k^*}$$

$$k^* = 0,4999650$$

$$\frac{2^\circ 50' 00'' - 2^\circ 00' 00''}{2^\circ 50' 00'' - 2^\circ 32' 49,2''} = \frac{0,0036359 - 0,0029088}{0,0036359 - p^*}$$

$$p^* = 0,003856$$

Jika $L_s = 40$ maka :

$$k = k^* . L_s = 0,4999650 . 40 = 19,9986$$

$$p = p^* . L_s = 0,003856 . 40 = 0,135424$$

$$T_t = (R + p) \operatorname{tg} \frac{1}{2} \Delta + k \dots \dots \dots (4.4 f)$$

$$= (450 + 0,135424) \operatorname{tg} \frac{1}{2} 15,0971 + 19,9986$$

$$= 79,648 \text{ m}$$

$$E_t = (R + p) / \cos \frac{1}{2} \Delta - R \dots \dots \dots (4.4 g)$$

$$= (450 + 0,135424) / \cos \frac{1}{2} 15,0971 - 450 = 4,070 \text{ m}$$

Stasiun-stasiun pada jalan Daan Mogot – Jalan Kiai Tapa

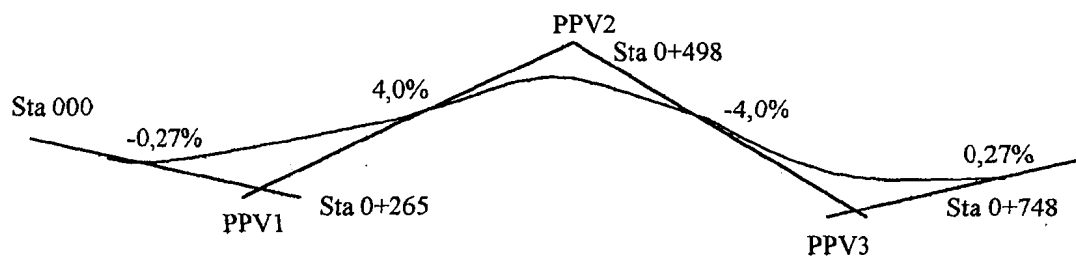
- a. Sta BP1 = 0,00
- b. Sta TS = $d1 - Tt = 168,916 - 79,648 = 0 + 89,268$
- c. Sta SC = Sta TS + $Ls = 89,268 + 40 = 0 + 129,268$
- d. Sta CS = Sta SC + $Lc = 129,268 + 78,564 = 0 + 207,832$
- e. Sta ST = Sta SC + $Ls = 207,832 + 40 = 0 + 247,832$
- f. Sta EP = Sta ST + $d2 - Tt = 247,832 + 122,119 - 79,648 = 0 + 290,303$

4.3.9.2 Alinyemen Vertikal

Evaluasi dilakukan dengan memberikan alternatif bentuk kelandaian dan kelengkungan yang diharapkan dapat memberikan pilihan yang lebih baik dan penghematan terutama dari segi biaya. Perancangan alinyemen vertikal ini meliputi :

1. Perancangan alinyemen vertikal jalan layang
2. Perancangan alinyemen vertikal jalan arteri ke arah Pluit
3. Perancangan alinyemen vertikal jalan arteri ke arah Halim

a. Perancangan alinyemen vertikal jalan layang



PPV₁ : Lengkung vertikal cekung

$$g_1 = -0,27\% \quad ; \quad g_2 = 4\%$$

$$A = (4\%) - (-0,27\%) = 4,27\%$$

$$V_r = 80 \text{ km / jam}$$

Dari grafik lengkung vertikal cekung (gambar 4.9) Bina Marga 1990 diperoleh $L_v = 100 \text{ m}$

$$\begin{aligned} E_{v1} &= A \cdot L_v / 800 \dots\dots\dots(4.6) \\ &= 4,27 \cdot 100 / 800 = 0,534 \text{ m} \end{aligned}$$

PPV₂ = Lengkung vertikal cembung

$$g_1 = 4\% \quad ; \quad g_2 = -4\%$$

$$A = (-4\%) - (4\%) = -8\%$$

$$V_r = 80 \text{ km / jam}$$

Dari grafik lengkung vertikal cembung (gambar 4.8) Bina Marga 1990 diperoleh panjang $L_v = 260 \text{ m}$

$$\begin{aligned} E_{v2} &= A \cdot L_v / 800 \dots\dots\dots(4.6) \\ &= 8 \cdot 260 / 800 \\ &= 2,6 \text{ m} \end{aligned}$$

PPV₃ = Lengkung vertikal cekung

$$g_1 = -4\% \quad ; \quad g_2 = 0,27\%$$

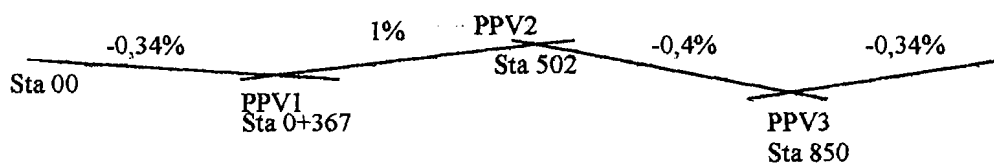
$$A = (0,27\%) - (-4\%) = 4,27\%$$

$$V_r = 80 \text{ km / jam}$$

Dari grafik lengkung vertikal cekung (gambar 4.9) Bina Marga 1990
diperoleh $L_v = 100$ m

$$\begin{aligned} E_v &= A \cdot L_v / 800 \dots\dots\dots(4.6) \\ &= 4,27 \cdot 100 / 800 \\ &= 0,534 \text{ m} \end{aligned}$$

b. Perancangan alinyemen vertikal jalan arteri arah Pluit



PPV₁ = Lengkung vertikal cekung

$$g_1 = -0,34 \% ; \quad g_2 = 1 \%$$

$$A = (1 \%) - (-0,34 \%) = 1,34 \%$$

$$V_r = 60 \text{ km / jam}$$

Dari grafik kengkung vertikal cekung (gambar 4.9) Bina Marga 1990
diperoleh $L_v = 45$ m

$$\begin{aligned} E_{v_1} &= A \cdot L_v / 800 \dots\dots\dots(4.6) \\ &= 1,34 \cdot 45 / 800 \\ &= 0,007 \text{ m} \end{aligned}$$

PPV₂ = Lengkung vertikal cembung

$$g_1 = 1 \% ; g_2 = -0,40 \%$$

$$A = (-0,40 \%) - (1 \%) = -1,4 \%$$

$$V_r = 60 \text{ km / jam}$$

Dari grafik lengkung vertikal cembung (gambar 4.8) Bina Marga 1990

diperoleh $L_v = 45 \text{ m}$

$$E_{v2} = A \cdot L_v / 800 \dots\dots\dots (4.6)$$

$$= -1,4 \cdot 45 / 800$$

$$= 0,07$$

PPV₃ = Lengkung vertikal cekung

$$g_1 = -0,40 \% ; g_2 = 0,34 \%$$

$$A = (0,34 \%) - (-0,4 \%) = 0,74 \%$$

Dari grafik lengkung vertikal cekung (gambar 4.9) Bina Marga 1990

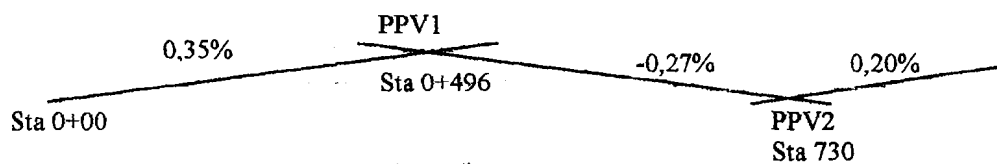
diperoleh $L_v = 45 \text{ m}$.

$$E_v = A \cdot L_v / 800 \dots\dots\dots (4.6)$$

$$= 0,74 \cdot 45 / 800$$

$$= 0,04 \text{ m}$$

c. Alinyemen vertikal jalan arteri arah Halim



PPV₁: Lengkung vertikal cembung

$$g_1 = 0,35 \% \ ; \ g_2 = -0,27 \%$$

$$A = (-0,27 \%) - (0,35 \%) = -0,62$$

$$V_r = 60 \text{ km / jam}$$

Dari grafik lengkung vertikal cembung (gambar 4.8) Bina Marga 1990

diperoleh $L_v = 45 \text{ m}$.

$$E_v = A \cdot L_v / 800 \dots\dots\dots (4.6)$$

$$= 0,62 \cdot 45 / 800$$

$$= 0,03 \text{ m}$$

PPV₂ = Lengkung vertikal cekung

$$g_1 = -0,27 \% \ ; \ g_2 = 0,20 \%$$

$$A = (0,20 \%) - (-0,27 \%) = 0,47 \%$$

$$V_r = 60 \text{ km / jam}$$

Dari grafik lengkung vertikal cekung (gambar 4.9) Bina Marga 1990 diperoleh $L_v = 45$ m

$$E_v = A \cdot L_v / 800 \dots\dots\dots(4.6)$$

$$= 0,47 \cdot 45 / 800$$

$$= 0,03 \text{ m}$$

4.3.9.3 Kebebasan Samping Pada Tikungan

a. Jalan Layang

$$R = 750 \text{ m}$$

$$V_r = 80 \text{ km / jam}$$

$$S = 115 \text{ m}$$

$$m = R (1 - \cos 28,65 \cdot S / R) \dots\dots\dots(4.2)$$

$$= 750 (1 - \cos 28,65 \cdot 115 / 750)$$

$$= 2,20 \text{ m}$$

b. Jalan Arteri arah Halim

$$R = 750 \text{ m}$$

$$V_r = 60 \text{ km / jam}$$

$$S = 115 \text{ m}$$

$$m = R (1 - \cos 28,65 \cdot S / R) \dots\dots\dots(4.2)$$

$$= 750 (1 - \cos 28,65 \cdot 115 / 750)$$

$$= 2,20 \text{ m}$$

c. Jalan Arteri arah Pluit

$$R = 250 \text{ m}$$

$$V_r = 60 \text{ km / jam}$$

$$S = 75 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 m &= R (1 - \cos 28,65 \cdot S / R) \dots\dots\dots(4.2) \\
 &= 250 (1 - \cos 28,65 \cdot 75 / 250) \\
 &= 2,8 \text{ m}
 \end{aligned}$$

4.3.9.4 Lebar Perkerasan Pada Tikungan

a. Jalan Layang

$$\text{Jumlah lajur (n)} = 3$$

$$\text{Lebar lajur} = 3 \cdot 3,50 \text{ m} = 10,5 \text{ m}$$

$$R = 750 \text{ m}$$

$$V_r = 80 \text{ km / jam}$$

$$C = 0,8 \text{ m}$$

$$b' = 2,1 \text{ m} ; z = 0,25 \text{ m} ; Td = 0,02 \text{ m}$$

$$B = n (b' + c) + (n - 1) \cdot Td + z \dots\dots\dots(4.3)$$

$$= 3 \cdot (2,1 + 0,8) + (3 - 1) \cdot 0,02 + 0,25$$

$$= 8,99 \text{ m}$$

Lebar perkerasan = 8,99 m < lebar jalur = 10,5 m

maka tidak diperlukan pelebaran perkerasan

b. Jalan Arteri

$$\text{Jumlah lajur (n)} = 4$$

$$\text{Lebar jalur} = 4 \cdot 3 \text{ m} = 12 \text{ m}$$

$$R = 750 \text{ m}$$

$$V_r = 60 \text{ km / jam}$$

$$C = 0,8 \text{ m}$$

$$b' = 2,1 \text{ m} ; z = 0,25 \text{ m} \quad Td = 0,02 \text{ m}$$

$$B = 4 \cdot (2,1 + 0,8) + (4 - 1) \cdot 0,02 + 0,25 \dots \dots \dots (4.3)$$

$$= 11,91 \text{ m}$$

Lebar perkerasan = 11,91 m < lebar jalur = 12 m

Maka tidak perlu pelebaran perkerasan.

4.4 Kapasitas Jalan dan Perancangan Jumlah Lajur

4.4.1 Kapasitas Jalan

Kapasitas jalan adalah jumlah kendaraan maksimum yang dapat ditampung oleh suatu potongan jalan pada waktu tertentu dengan kecepatan tertentu pula. Besarnya kapasitas jalan menurut Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997 (MKJI 1997) adalah sebagai berikut :

$$\text{Kapasitas jalan (C)} = C_o \cdot FC_w \cdot FC_{sp} \cdot FC_{sf} \cdot FC_{cs} \dots \dots \dots (4.7)$$

Dengan :

C = Kapasitas

C_o = Kapasitas dasar (smp / jam)

FC_w = Faktor penyesuaian lebar lajur lalu-lintas

FC_{sp} = Faktor penyesuaian pemisahan arah

FC_{sf} = Faktor penyesuaian hambatan samping

FC_{cs} = Faktor penyesuaian ukuran kota

Kapasitas Jalan Tol

Data perhitungan :

$$C_o = 1650 \text{ smp / jam}$$

$$FC_w = 1$$

$$FC_{sp} = 1$$

$$FC_{sf} = 1,03$$

$$FC_{cs} = 1,04$$

Dari Harga-harga diatas diperoleh :

$$C = 1650 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,03 \cdot 1,04 \dots\dots\dots(4.7)$$

$$= 1800 \text{ smp / jam / lajur}$$

Kapasitas jalan Arteri

Data perhitungan :

$$C_o = 1500 \text{ smp / jam}$$

$$FC_w = 0,92$$

$$FC_{sp} = 1$$

$$FC_{sf} = 0,96$$

$$FC_{cs} = 1,04$$

Dari harga-harga diatas diperoleh :

$$C = 1500 \cdot 0,92 \cdot 1 \cdot 0,96 \cdot 1,04 \dots\dots\dots(4.7)$$

$$= 1377,79$$

$$= 1400 \text{ smp / jam}$$

Merupakan kapasitas maksimum yang mampu ditampung oleh jalan Tol Cawang – Grogol dan jalan arteri.

Tabel 4.10 Kapasitas dasar

Tipe jalan	Kapasitas dasar (smp/jam)	Catatan
Empat lajur terbagi atau Jalan satu arah	1650	Per lajur
Empat lajur tak terbagi	1500	Perlajur
Dua lajur tak terbagi	2900	Total dua arah

Tabel 4.11 Faktor penyesuaian kapasitas untuk lebar lajur lalu lintas (FCw)

Tipe jalan	Lebar jalur lalu lintas (Wc) m	FCw
Empat lajur terbagi atau Jalan satu arah	Perlajur	
	3,00	0,92
	3,25	0,96
	3,50	1,00
	3,75	1,04
	4,00	1,08
Empat lajur tak terbagi	Perlajur	
	3,00	0,91
	3,25	0,95
	3,50	1,00
	3,75	1,05
	4,00	1,09
Dua lajur tak terbagi	Total dua arah	
	5	0,56
	6	0,87
	7	1,00
	8	1,14
	9	1,25
	10	1,29
	11	1,34

Tabel 4.12 Faktor penyesuaian kapasitas untuk pemisahan arah (FCsp)

Pemisahan arah SP % - %		50 - 50	55 - 45	60 - 40	65 - 35	70 - 30
FCsp	Dua lajur 2/2	1,00	0,97	0,94	0,91	0,88
	Empat lajur 4/2	1,00	0,985	0,97	0,955	0,94

Tabel 4.13 Faktor penyesuaian kapasitas untuk hambatan samping

Tipe jalan	Kelas hambatan samping	Faktor penyesuaian untuk hambatan samping dan lebar bahu (FCsf)			
		Lebar bahu efektif Ws			
		≤ 0,5	1,0	1,5	≥ 2,0
4/2 D	VL	0,96	0,98	1,01	1,03
	L	0,94	0,97	1,00	1,02
	M	0,92	0,95	0,98	1,00
	H	0,88	0,92	0,95	0,98
	VH	0,84	0,88	0,92	0,96
4/2 UD	VL	0,96	0,99	1,01	1,03
	L	0,94	0,97	1,00	1,02
	M	0,92	0,95	0,98	1,00
	H	0,87	0,91	0,94	0,98
	VH	0,80	0,86	0,90	0,95
2/2 UD atau Jalan satu arah	VL	0,94	0,96	0,99	1,01
	L	0,92	0,94	0,97	1,00
	M	0,89	0,92	0,95	0,98
	H	0,82	0,86	0,90	0,95
	VH	0,73	0,79	0,85	0,91

Keterangan :

VL : Very Low

L : Low

M : Medium

H : High

VH: Very High

4/2 D : 4 Lane / 2 way Divided

4/2 UD : 4 Lane / 2 way Undivided

2/2 UD : 2 Lane / 2 way Undivided

Tabel 4.14 Faktor penyesuaian kapasitas untuk ukuran kota (FCcs)

Ukuran kota (Juta penduduk)	Faktor penyesuaian untuk ukuran kota
< 0,1	0,86
0,1 – 0,5	0,90
0,5 – 1,0	0,94
1,0 – 3,0	1,00
> 3,0	1,04

4.4.2 Penentuan Jumlah Lajur

Dari hasil perhitungan kapasitas jalan diatas telah diketahui bahwa kapasitas ideal untuk jalan Tol Cawang–Grogol dan arteri adalah 1800 kendaraan/jam/lajur. Pihak Konsultan telah merancang jumlah lajur untuk jalan tol adalah 3 lajur dan jalan arteri 4 lajur.

Hasil evaluasi yang penulis lakukan adalah :

1. Jalan Tol

Kecepatan rencana 80 km / jam. Dari hasil “Traffic Assignment” diperoleh:

$$\begin{aligned} \text{Tahun 1990, volume lalu-lintas} &= 36700 \text{ smp/hari} \\ &= 1530 \text{ smp/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Nilai } V / C &= 1530 / 3600 \\ &= 0,425 < 0,60 \end{aligned}$$

Jadi pada awal pembukaan jalan tingkat pelayanan jalan masih pada tingkat pelayanan A.

$$\begin{aligned} \text{Tahun 2000, volume lalu-lintas} &= 53900 \text{ smp/hari} \\ &= 2246 \text{ smp/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Nilai } V / C &= 2246 / 3600 \\ &= 0,62 < 0,70 \end{aligned}$$

Tingkat pelayanan jalan pada tingkat pelayanan B.

$$\begin{aligned} \text{Tahun 2010, volume lalu-lintas} &= 68600 \text{ smp/hari} \\ &= 2858 \text{ smp/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Nilai } V / C &= 2858 / 3600 \\ &= 0,8 \end{aligned}$$

Pada akhir umur rencana tingkat pelayanan sudah berada pada tingkat pelayanan C.

Jadi pada akhir umur rencana tingkat pelayanan sudah berada pada tingkat pelayanan C. Agar tingkat pelayanan jalan pada akhir umur rencana masih pada tingkat pelayanan A maka jumlah lajur ditentukan sebagai berikut :

Nilai V / C untuk tingkat pelayanan A = 0,6

$$V / C = 0,6 ; \text{ maka } V = 0,6 \cdot 1800 = 1080 \text{ smp/jam}$$

Untuk tiap lajur dengan tingkat pelayanan A besarnya lalu-lintas yang dapat ditampung adalah 1080 smp/jam. Dari data Traffic Assignment diperoleh data volume lalu-lintas = 2858 smp/jam.

Jadi perhitungan jumlah lajur adalah perbandingan antara volume lalu-lintas yang lewat dengan volume lalu-lintas yang dapat ditampung pada akhir umur rencana :

$$\text{Jumlah lajur} = 2858 / 1080$$

$$= 2,65 ; \text{ diperlukan } 3 \text{ lajur tiap arah}$$

2. Jalan Arteri

Kecepatan rencana 60 km / jam. Dari hasil Traffic Assignment diperoleh:

$$\text{Tahun 1990, volume lalu-lintas} = 48100 \text{ smp/hari}$$

$$= 2000 \text{ smp/jam}$$

$$\text{Nilai } V / C = 2000 / 2800$$

$$= 0,7 \leq 0,70$$

Jadi pada awal pembukaan jalan tingkat pelayanan jalan masih pada tingkat pelayanan B.

$$\begin{aligned} \text{Tahun 2000, volume lalu-lintas} &= 69800 \text{ smp/hari} \\ &= 3000 \text{ smp/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Nilai } V / C &= 3000 / 2800 \\ &= 1,07 \end{aligned}$$

Tingkat pelayanan jalan pada tingkat pelayanan F.

$$\begin{aligned} \text{Tahun 2010, volume lalu-lintas} &= 77900 \text{ smp/hari} \\ &= 3245 \text{ smp/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Nilai } V / C &= 3245 / 2800 \\ &= 1,15 \end{aligned}$$

Pada akhir umur rencana tingkat pelayanan sudah berada pada tingkat pelayanan F.

Jadi pada akhir umur rencana tingkat pelayanan sudah berada pada tingkat pelayanan F. Agar tingkat pelayanan jalan pada akhir umur rencana masih pada tingkat pelayanan A maka jumlah lajur ditentukan sebagai berikut :

Nilai V / C untuk tingkat pelayanan A = 0,6

$$V / C = 0,6 ; \text{ maka } V = 0,6 \times 1400 = 840 \text{ smp/jam}$$

Untuk tiap lajur dengan tingkat pelayanan A besarnya lalu-lintas yang dapat ditampung adalah 840 smp/jam. Dari data "Traffic Assignment" diperoleh data volume lalu-lintas = 3245 smp/jam.

Jadi perhitungan jumlah lajur adalah perbandingan antara volume lalu-lintas yang lewat dengan volume lalu-lintas yang dapat ditampung pada akhir umur rencana :

$$\begin{aligned} \text{Jumlah lajur} &= 3245 / 840 \\ &= 4,00 ; \text{ diperlukan 4 lajur tiap arah} \end{aligned}$$

4.5 Pembahasan

Dalam perancangan jalan raya, bentuk geometrik harus benar-benar ditetapkan sedemikian rupa sehingga jalan yang dirancang dapat memberikan pelayanan yang optimal kepada lalu-lintas sesuai fungsinya. Perancangan geometrik dimaksudkan untuk mencapai perancangan jalan yang aman, nyaman dan efisien.

Sebagai tinjauan pada perancangan simpang Grogol ini adalah perancangan tikungan yang merupakan bagian dari simpang Grogol tersebut.

Standar perancangan geometrik didasarkan pada ketentuan-ketentuan dan metoda-metoda perhitungan yang disebut kriteria perancangan. Kriteria perancangan yang digunakan mengikuti standar perancangan yang berlaku di Indonesia dan yang berlaku secara Internasional.

Standar perancangan yang dipergunakan pada perhitungan geometrik Untuk Simpang Grogol ini adalah :

1. Spesifikasi Standar Perencanaan Geometrik untuk Jalan Perkotaan, Departemen Pekerjaan Umum, Direktorat Jenderal Bina Marga, 1988
2. A Policy on Geometric Design of Rural Highways, AASHTO, 1994

Data perhitungan yang dipakai adalah data sekunder yang telah ditetapkan oleh konsultan dan ketetapan yang ada pada standar perancangan. Sebagai perbandingan perencanaan, dipakai alinyemen horizontal dengan lengkung tikungan yang berbeda.

Data perancangan Geometrik Simpang Grogol adalah :

1. Kecepatan rencana
 - a. Jalan Tol dengan kecepatan rencana 80 km / jam.
 - b. Jalan Arteri dengan kecepatan rencana 60 km / jam.
2. Kendaraan rencana adalah single unit truk.

3. Penampang melintang

- a. Lebar D.P.J : 60 m.
- b. Lebar lajur : Tol 3,5 m dan Arteri 3,0 m.
- c. Lebar bahu
 1. Tol : 0,5 m untuk bahu dalam dan 1,5 m untuk bahu luar.
 2. Arteri : 0,25 m untuk bahu dalam dan 0,25 untuk bahu luar.
- d. Lebar median : 2,0 m untuk Tol dan Arteri.
- e. Kemiringan normal perkerasan : 2 % untuk Tol dan 2 % untuk Arteri.
- f. Kemiringan bahu jalan : 4 % untuk Tol dan 2 % untuk Arteri.
- g. Superelevasi maksimum : 10 %, untuk penentuan superelevasi pada masing-masing tikungan dipakai tabel superelevasi dari Bina Marga.
- h. Jenis tikungan yang dipakai adalah Spiral – Circle – Spiral, Full Circle, Gabungan dua Circle, Spiral – Spiral.

4. Alinyemen Horizontal

Penentuan jari-jari, lengkung peralihan dan pelebaran perkerasan pada tikungan dipakai tabel Bina Marga.

5. Alinyemen Vertikal

Penentuan lengkung vertikal cembung dan lengkung vertikal cekung menggunakan grafik Bina Marga.

Perhitungan alinyemen horizontal dan alinyemen vertikal menggunakan standar perancangan dari Bina Marga 1990 dan AASHTO 1994.

Tabel 4.15 Hasil perhitungan Evaluasi alinyemen horizontal

Tikungan	Tol dan Arteri arah Cawang		Arteri arah Pluit		Arteri Daan Mogot-Kiai Tapa
	Tol Full Circle	Arteri Full Circle	PI1 S - S	PI2 S - C - S	S - C - S
Vren(Km/jam)	80	60	60	60	60
R (m)	750	750	250	450	450
e	0,045	0,028	0,0686	0,043	0,043
D	1°54'32,4"	1°54'32,4"	5°43'46,56"	3°10'59,16"	3°10'59,16"
θs	-	-	3°48'00"	2°32'49,2"	2°32'49,2"
Ls (m)	-	-	34,00	40	40
Lc (m)	1070,17	1070,17	17,017	141,332	78,564
L (m)	1070,17	1070,17	68,00	221,332	158,564
Tt (m)	535,085	535,085	34,006	91,273	79,648
Et (m)	171,3123	171,3123	0,75	5,744	4,070

Tabel 4.16 Hasil perhitungan alinyemen horizontal konsultan

Tikungan	Tol dan Arteri arah Cawang		Arteri arah Pluit		Arteri Daan Mogot-Kiai Tapa
	Tol S - C - S	Arteri S - C - S	PI1 Full Circle	PI2 Gabungan 2 Circle	Full Circle
Vren(Km/jam)	80	60	60	60	60
R (m)	700	700	500	R1=1100 R2 = 500	500
e	0,051	0,051	0,040	0,028	0,040
D	2°02'46,53"	2°02'46,53"	2°51'53,28"	-	2°51'53,28"
θs	14°36'58,68"	14°36'58,68"	-	-	-
Ls (m)	357,1429	357,1429	-	-	-
Lc (m)	510,4287	510,4287	67,9074	Lc1=109,8734 Lc2=151,5417	131,7447
L (m)	1224,7144	1224,7144	67,9074	261,4151	131,7447
Tt (m)	683,0027	683,0027	34,006	T1=154,9438 T2=109,7540	79,648
Et (m)	248,6559	248,6559	1,156	-	4,3710

Dari kedua hasil perhitungan diatas :

Dari rumus umum lengkung horizontal :

$$e + f = V^2 / 127 R$$

Maka : R semakin besar maka e dan f kecil , gaya sentrifugal yang dihasilkan kecil.

R semakin kecil maka e dan f besar , gaya sentrifugal yang dihasilkan besar.

Dari rumus :

$$D = 1432,4 / R$$

Maka : R semakin besar , D semakin kecil dan lengkung horizontal semakin tumpul.

R semakin kecil , D semakin besar dan lengkung horizontal semakin tajam.

Pada perancangan jalan tol dan arteri arah cawang dengan memakai Full Circle diperoleh R yang besar, gaya sentrifugal kecil, lengkung horizontal rencana semakin tumpul panjang tikungan lebih pendek. Berdasarkan pertimbangan peningkatan jalan dikemudian hari sebaiknya dihindarkan merancang alinyemen horizontal jalan yang menghasilkan lengkung tertajam. Disamping sukar menyesuaikan dengan peningkatan jalan juga menimbulkan rasa tidak nyaman pada pengemudi yang bergerak dengan kecepatan lebih tinggi dari kecepatan rencana. Dengan lengkung horizontal tumpul dengan jari-jari yang besar lintasan kendaraan masih dapat tetap berada pada lajur jalannya, tetapi pada tikungan tajam dengan jari-jari kecil kendaraan akan menyimpang dari lajur yang disediakan dan mengambil lajur disampingnya. Dari pembahasan diatas kita dapat melihat keunggulan dan kekurangan untuk lengku-lengkung lainnya.

Pada perancangan jalan arteri arah pluit (lengkung PI_2) sebaiknya dihindari menggunakan tikungan dengan 2 jari-jari yang berlainan. Tikungan dengan 2 jari-jari

yang berbeda ini menimbulkan rasa tidak nyaman kepada pengemudi, terjadinya perubahan gaya sentrifugal.

Untuk perhitungan kapasitas dan jumlah lajur konsultan menggunakan standar HCM 1985, sedangkan sebagai perbandingan digunakan MKJI 1997. Penentuan nilai kapasitas jalan digunakan faktor-faktor yang mempengaruhi besarnya kapasitas jalan tersebut. Hasil perhitungan didapat nilai kapasitas untuk satu lajur pada jalan tol dan arteri adalah 1800 smp/jam. Pada perancangan jalan tol dan arteri ini tingkat pelayanan yang diharapkan adalah A. Pada awal umur rencana, jalan tol dengan 3 lajur dan arteri 4 lajur masih mampu untuk memberi tingkat pelayanan A. Tetapi pada akhir umur rencana tingkat pelayanan untuk jalan tol adalah C dan arteri adalah D. Tingkat pelayanan C untuk jalan tol sudah tidak layak. Untuk mempertahankan agar supaya masih dalam tingkat pelayanan A harus ada penambahan lajur. Akan tetapi karena alasan ekonomis dan keterbatasan dana maka tetap dirancang sesuai hasil rancangan.

Alinyemen vertikal terdiri dari serangkaian kelandaian yang dihubungkan oleh lengkung vertikal. Landai pada umumnya ditulis dalam persen, yaitu kenaikan vertikal tiap 100 m jarak horizontal. Landai adalah positif jika naik dari kiri ke kanan dan negatif jika turun. Pada perhitungan alinyemen vertikal penentuan elevasi tanah dasar dan elevasi perkerasan menggunakan data dari konsultan. Semakin besar kelandaian maka kecepatan semakin berkurang. Kelandaian 3 % mulai memberikan pengaruh kepada gerak kendaraan mobil penumpang, walaupun tidak seberapa dibandingkan dengan gerakan kendaraan truk yang terbebani penuh. Meskipun mobil penumpang dapat memelihara kemampuannya pada 10 % tanjakan, batas

kemampuan pada umumnya didasarkan pada kemampuan truk, dan pada rute-rute penting, dibatasi sampai 4 % atau kurang.

Dalam perancangan perlu ditetapkan garis dasar yang digunakan untuk dasar penetapan kelengkungan, stasioning dan sebagai titik acuan penetapan kemiringan melintang dari permukaan jalan.

BAB V

PERANCANGAN GEOMETRIK PERSIMPANGAN SEBIDANG

5.1 Umum

Persimpangan adalah daerah dimana dua jalan raya atau lebih bertemu atau bersilangan, dimana didalamnya termasuk fasilitas jalan untuk pergerakan lalu lintas pada daerah itu. Persimpangan merupakan bagian yang penting dari suatu jalan raya sebab biasanya faktor-faktor efisiensi, keamanan, kecepatan, biaya operasi dan kapasitas tergantung pada desain persimpangan.

Persimpangan sebidang harus memberikan pelayanan yang memadai terhadap pergerakan lalu lintas yang bersilangan maupun yang membelok, terutama pergerakan yang diprioritaskan. Selain itu juga mengurangi kemungkinan terjadinya kecelakaan, yang mana hal tersebut dapat dicapai dengan pengaturan terhadap pergerakan kendaraan dan pengurangan jumlah titik pertemuan antara lalu lintas yang bersilangan atau lalu lintas lurus dengan lalu lintas membelok. Oleh karena itu perencanaan persimpangan sebidang meliputi perencanaan geometrik dan pengaturan lalu lintasnya.

Dilihat dari berikutnya, persimpangan sebidang dapat berupa persimpangan 3 cabang, 4 cabang, banyak cabang dan persimpangan putar / bundaran ("rotary intersection"). Simpang Grogol semula merupakan persimpangan putar, kemudian direncanakan menjadi persimpangan sebidang dengan 4 cabang yang menggunakan pengatur lalu lintas ("signalized").

Indonesia belum memiliki standard perencanaan untuk persimpangan sebidang pada jalan perkotaan. Untuk meninjau perencanaan persimpangan sebidang Grogol ini, penulis menggunakan A Policy on Design of Urban Highways dan Arterial Streets, AASHO 1994 yang telah berlaku internasional.

5.2 Elemen Perencanaan

5.2.1 Kendaraan Rencana dan Jari-Jari Putaran Minimum

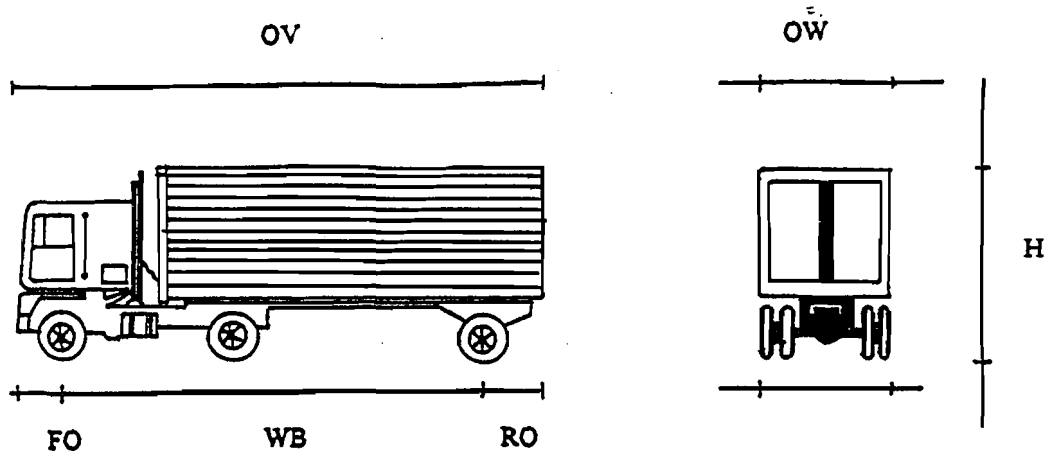
Untuk mendesain belokan, putaran, dan sebagainya, diambil kendaraan rencana tipe SU ("Single Unit Truck") dan khusus untuk belokan kearah Tangerang diasumsikan kendaraan rencana tipe semi trailer (WB 12) yang diperkirakan sewaktu-waktu akan melalui belokan tersebut.

Dari sifat operasi kendaraan, umumnya jari-jari putaran yang memper-garuhi perancangan geometri, khususnya desain belokan atau putaran. Oleh karena itu selain ukuran kendaraan perlu dipertimbangkan jari-jari putaran kendaraan.

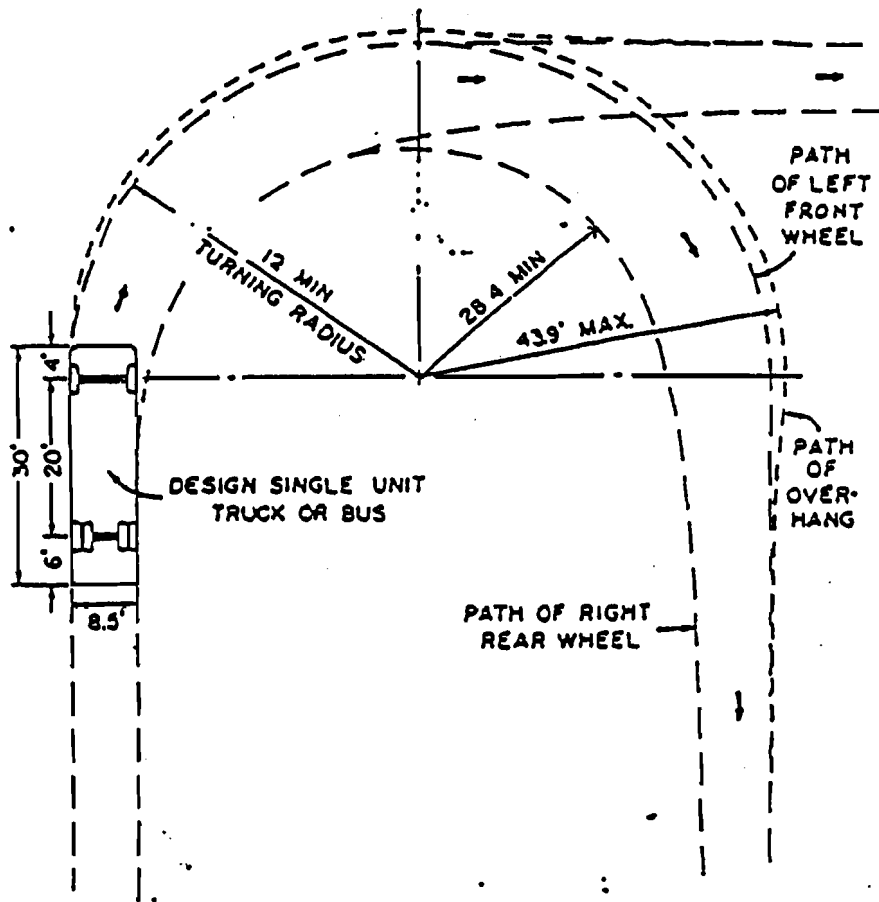
Tabel 5.1 Ukuran Kendaraan dengan Jari-jari

Deskripsi	Ukuran kendaraan (m)	
	SU	WB - 12
Front Overhang (FO)	1,2	2,1
Rear Overhang (RO)	1,8	2,4
Overhall Length (OL)	9	12
Overhall Width (OW)	2,6	2,6
Height (H)	4,1	4,1
Wheel Base (WB)	6	7,5
Jari-jari putaran min	12,6	12

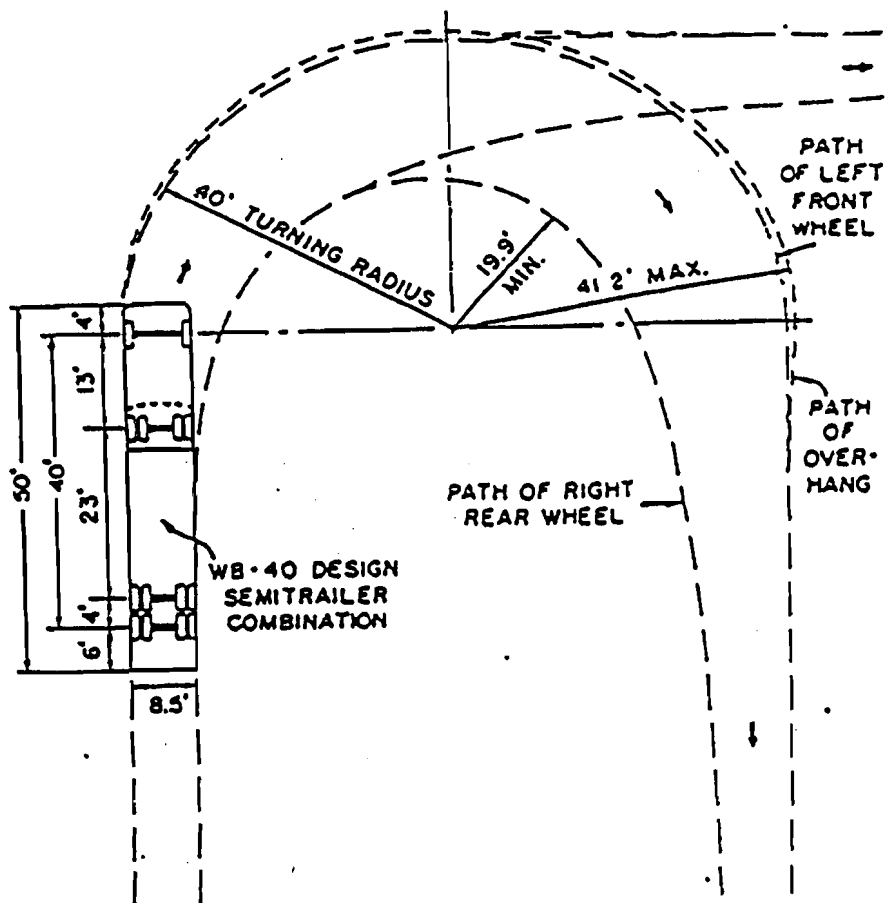
Sumber : AASHO 1994



Gambar 5.1 Gambar kendaraan rencana



Gambar 5.2 Penjejakan ("Tracking") putaran / belokan
Kendaraan rencana SU
Sumber : AASHTO 1994



Gambar 5.3 Penjejukan ("Tracking") putaran / belokan
Kendaraan rencana WB-12
Sumber : AASHTO 1994

5.2.2 Jari-jari Tepi Perkerasan

Perancangan tepi perkerasan pada belokan didasarkan pada sifat operasi kendaraan rencana. Jari-jari tepi perkerasan umumnya lebih besar dari jari-jari minimum putaran / belokan dari kendaraan rencana, sehingga kendaraan tidak perlu membelok terlalu tajam.

Jari-jari tepi perkerasan menurut AASHTO 1994 dipengaruhi oleh faktor kendaraan rencana (ukuran dan jari-jari putaran) dan sudut belokan. Sedangkan bentuk dari belokan dapat berupa kurva sederhana ("simple curve") atau kurva

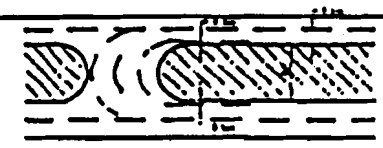
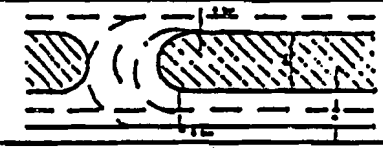

gabungan 3 pusat (“three centered compound curve”) yang simetris maupun tidak simetris. Desain belokan ini didasarkan pada kendaraan yang dioperasikan pada kecepatan 15 – 30 mph (24 – 48 km/jam).

Tabel 5.4 dan 5.5 menunjukkan jari-jari tepi perkerasan umumnya lebih besar dari jari-jari minimum putaran / belokan dari kendaraan rencana, sehingga kendaraan tidak perlu membelok terlalu tajam. Untuk sudut belokan (Δ) lebih kecil dari 90° umumnya masih bisa digunakan bentuk kurva sederhana (busur lingkaran) tapi untuk sudut belokan lebih besar 90° umumnya digunakan bentuk kurva gabungan 3 pusat.

5.2.3 Pemutaran (“U-Turn”)

Pemutaran adalah fasilitas jalan untuk kendaraan yang akan berputar dari arah semula ke arah yang berlawanan. Fasilitas ini biasanya terdapat pada jalan raya dua arah yang terpisah oleh median. Untuk itu diperlukan bukaan median (bagian median yang terbuka dan diperkeras untuk lewat kendaraan). Pada operasi pemutaran yang normal, kendaraan diusahakan tidak memasuki jalur lurus sehingga tidak mengganggu kendaraan lain yang bergerak lurus. Selain itu diperlukan lebar median yang cukup untuk memberi tempat bagi kendaraan bila perlu berhenti. Pada tabel 5.3 ditunjukkan lebar minimum median yang dibutuhkan untuk berbagai tipe pemutaran dan kendaraan rencana. Desain dari ujung bukaan median dapat berbentuk kurva gabungan 3 pusat (“three centered compound curve”) yang ukurannya tergantung lebar median. Bentuk kurva gabungan 3 pusat ini maksudnya untuk mempermudah kendaraan melakukan pemutaran.

Tabel 5.2 Perancangan minimal untuk pemutaran

TYPE OF MANEUVER		M - MIN WIDTH OF MEDIAN - METERS FOR DESIGN VEHICLE						
		F	WB 12	SU	M/A	WB 15	WB 18	FDI
		LENGTH OF DESIGN VEHICLE (m)						
		5.7	15.8	9.8	12.8	16.5	19.5	35.4
INNER LANE TO INNER LANE		9	10	19	19	21	21	30
INNER LANE TO OUTER LANE		3	15	15	15	16	16	27
INNER LANE TO SHOULDER		7	12	12	12	15	15	24

Sumber : AASHTO 1994

Tabel 5.3 Bentuk ujung median pada pemutaran

Median (M) (feet)	Jari - jari kurva gab 3 pusat (feet)
< 30	50 - 0.2 M - 50
30 - 60	75 - 0.2 M - 75
60 - 80	120 - 0.2 M - 120

Sumber : AASHTO 1994

Tabel 5.4 Perancangan jari-jari minimum perkerasan untuk pemutarannya pada persimpangan "Simple Curves"

Angle of Turn (degrees)	Design Vehicle	Simple Curve Radius (m)	Simple Curve Radius with Taper		
			Radius (m)	Offset (m)	Taper (m:m)
60	P	12	—	—	—
	SU	18	—	—	—
	WB-12	28	—	—	—
	WB-15	45	29	1.0	15:1
	WB-19	50	43	1.2	15:1
	WB-20	60	43	1.3	15:1
	WB-29	46	29	0.8	15:1
	WB-35	—	54	1.3	20:1
75	P	11	8	0.6	10:1
	SU	17	14	0.6	10:1
	WB-12	—	18	0.6	15:1
	WB-15	—	20	1.0	15:1
	WB-19	—	43	1.2	20:1
	WB-20	—	43	1.3	20:1
	WB-29	—	26	1.0	15:1
	WB-35	—	42	1.7	20:1
90	P	9	6	0.8	10:1
	SU	15	12	0.6	10:1
	WB-12	—	14	1.2	10:1
	WB-15	—	18	1.2	15:1
	WB-19	—	36	1.2	30:1
	WB-20	—	37	1.3	30:1
	WB-29	—	25	0.8	15:1
	WB-35	—	35	0.9	15:1
105	P	—	6	0.8	8:1
	SU	—	11	1.0	10:1
	WB-12	—	12	1.2	10:1
	WB-15	—	17	1.2	15:1
	WB-19	—	35	1.0	30:1
	WB-20	—	35	1.0	30:1
	WB-29	—	22	1.0	15:1
	WB-35	—	28	2.8	15:1
120	P	—	6	0.6	10:1
	SU	—	9	1.0	10:1
	WB-12	—	11	1.5	8:1
	WB-15	—	14	1.2	15:1
	WB-19	—	30	1.5	25:1
	WB-20	—	31	1.6	25:1
	WB-29	—	20	1.1	15:1
	WB-35	—	26	2.8	15:1

Sumber: AASHTO 1994

Tabel 5.5 Perancangan jari-jari minimum perkerasan untuk pemutaran pada persimpangan "three centered compound curves"

Angle of Turn (degrees)	Design Vehicle	3-Centered Compound		3-Centered Compound	
		Curve Radii (m)	Symmetric Offset (m)	Curve Radii (m)	Asymmetric Offset (m)
60	P	—	—	—	—
	SU	—	—	—	—
	WB-12	—	—	—	—
	WB-15	60-23-60	1.7	60-23-84	0.6-2.0
	WB-19	120-30-120	4.5	34-30-67	3.0-3.7
	WB-20	122-30-122	2.4	76-38-183	0.3-1.8
	WB-29	76-24-76	1.4	61-24-91	0.6-1.7
	WB-35	198-46-198	1.7	61-43-183	0.5-2.4
75	P	30-8-30	0.6	—	—
	SU	36-14-36	0.6	—	—
	WB-12	36-14-36	1.5	36-14-60	0.6-2.0
	WB-15	45-15-45	2.0	45-15-69	0.6-3.0
	WB-19	134-23-134	4.5	43-30-165	1.5-3.6
	WB-20	128-23-128	3.0	61-24-183	0.3-3.0
	WB-29	76-24-76	1.4	30-24-91	0.5-1.5
	WB-35	213-38-213	2.0	46-34-168	0.5-3.5
90	P	30-6-30	0.8	—	—
	SU	36-12-36	0.6	—	—
	WB-12	36-12-36	1.5	36-12-60	0.6-2.0
	WB-15	55-18-55	2.0	36-12-60	0.6-3.0
	WB-19	120-21-120	3.0	48-21-110	2.0-3.0
	WB-20	134-20-134	3.0	61-21-183	0.3-3.4
	WB-29	76-21-76	1.4	61-21-91	0.3-1.5
	WB-35	213-34-213	2.0	30-29-168	0.6-3.5
105	P	30-6-30	0.8	—	—
	SU	30-11-30	1.0	—	—
	WB-12	30-11-30	1.5	30-17-60	0.6-2.5
	WB-15	55-14-55	2.5	45-12-64	0.6-3.0
	WB-19	160-15-160	4.5	110-23-180	1.2-3.2
	WB-20	152-15-152	4.0	61-20-183	0.3-3.4
	WB-29	76-18-76	1.5	30-18-91	0.5-1.8
	WB-35	213-29-213	2.4	46-24-152	0.9-4.6
120	P	30-6-30	0.6	—	—
	SU	30-9-30	1.0	—	—
	WB-12	36-9-36	2.0	30-9-55	0.6-2.7
	WB-15	55-12-55	2.6	45-11-67	0.6-3.6
	WB-19	160-21-160	3.0	24-17-160	5.2-7.3
	WB-20	168-14-168	4.6	61-18-183	0.6-3.8
	WB-29	76-18-76	1.5	30-18-91	0.5-1.8
	WB-35	213-26-213	2.7	46-21-152	2.0-5.3

Sumber: AASHTO 1994

5.2.4 Jarak Pandangan pada Persimpangan

Kriteria jarak pandangan pada persimpangan yang diperhitungkan disini adalah jarak pandangan segitiga (lihat gambar 5.4). Pengendara yang mendekati persimpangan sebidang perlu mempunyai pandangan yang bebas / tidak terhalang ke seluruh daerah persimpangan untuk menghindari kemungkinan terjadinya tabrakan. Kendaraan dari jalan minor yang mendekati persimpangan harus diberikan jarak pandang yang cukup untuk dapat bergerak melintas atau membelok dengan aman.

AASHO 1994 menyatakan jarak pandangan segitiga sebagai berikut :

$$d = 0,28.v.(J + t_a) \dots\dots\dots (5.1)$$

Dengan : d = jarak minimum kendaraan pada jalan utama dari persimpangan (feet)

V = kecepatan rencana pada jalan utama (mph)

J = jumlah waktu persepsi dan waktu untuk persiapan start (detik)

t_a = waktu yang dibutuhkan untuk melintasi persimpangan oleh kendaraan dari jalan minor.

Berdasarkan hasil percobaan, diasumsikan $J = 2$ detik, sedangkan harga t_a merupakan fungsi dari jarak S (lihat gambar 5.5), yaitu :

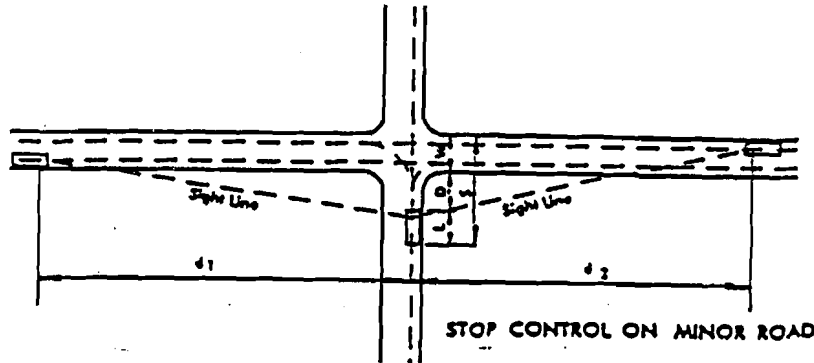
$$S = D + W + L \dots\dots\dots (5.2)$$

Dengan : D = jarak dari sisi perkerasan ke depan kendaraan yang berhenti pada jalan minor (feet)

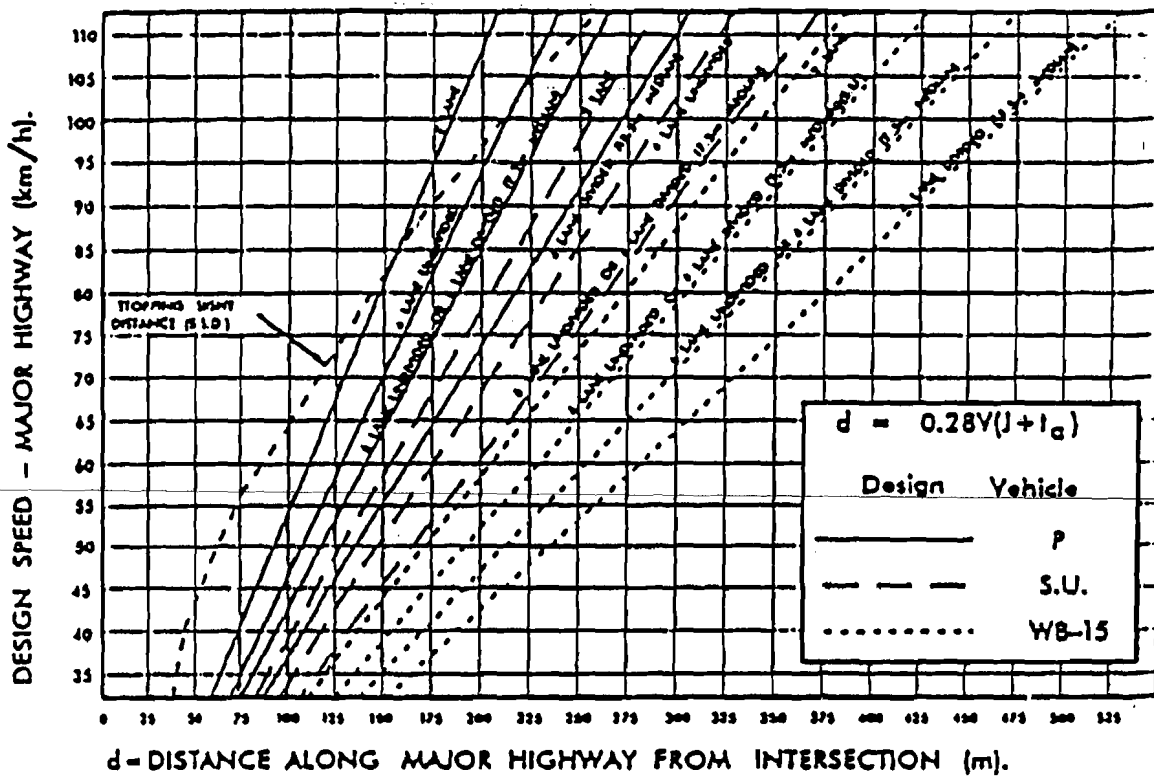
W = lebar jalan mayor yang harus dilintasi (feet)

L = panjang total kendaraan

Hubungan antara jarak d dan kecepatan rencana V untuk jenis kendaraan dan jumlah jalur tertentu ditunjukkan pada gambar 5.4.



Gambar 5.4 Jarak pandangan segitiga pada persimpangan
Pandangan segitiga minimum
Sumber: AASHTO 1994



Gambar 5.5 Jarak pandangan segitiga pada persimpangan
Jarak pandang sepanjang jalan besar
Sumber: AASHTO 1994

5.2.5 Lebar Perkerasan pada Belokan

Lebar perkerasan jalan pada belokan didasarkan pada tipe kendaraan rencana yang harus dapat melalui belokan tersebut dan jumlah jalur serta tipe operasi pada belokan. Berdasarkan hal tersebut diatas dapat dipertimbangkan beberapa kondisi belokan untuk penentuan lebar perkerasan belokan sebagai berikut :

- 1. kondisi I : jalan 1 jalur, searah, tanpa jalur menyusul
- 2. kondisi II : jalan 1 jalur, searah, dengan jalur untuk menyusul
- 3. kondisi III : jalan 2 jalur, searah maupun 2 arah

Persamaan-persamaan untuk menentukan lebar perkerasan belokan yang pada masing-masing kondisi belokan tersebut adalah (lihat gambar 5.6):

1. kondisi I : $W = U + C + z$ (5.3)

2. kondisi II : $W = 2.(U + C) + F_A + F_B + z$ (5.4)

3. kondisi III : $W = 2.(U + C) + F_A + F_B$ (5.5)

dengan : W = lebar perkerasan pada belokan (feet)

U = lebar lintasan kendaraan (feet)

F_A = lebar lintasan "Front Overhang" (feet)

F_B = lebar lintasan "Rear Overhang" (feet)

C = kebebasan samping

z = lebar ekstra untuk kesulitan dalam membelok (feet)

Sedangkan haarga U dan z didasarkan pada persamaan sebagai berikut :

$U = u + R_T - \sqrt{(R_T^2 - L^2)}$ (5.6)

$z = \frac{V}{\sqrt{R}}$ (5.7)

dengan : u = lebar normal lintasan (feet)

R_T = radius belokan roda depan terluar (feet)

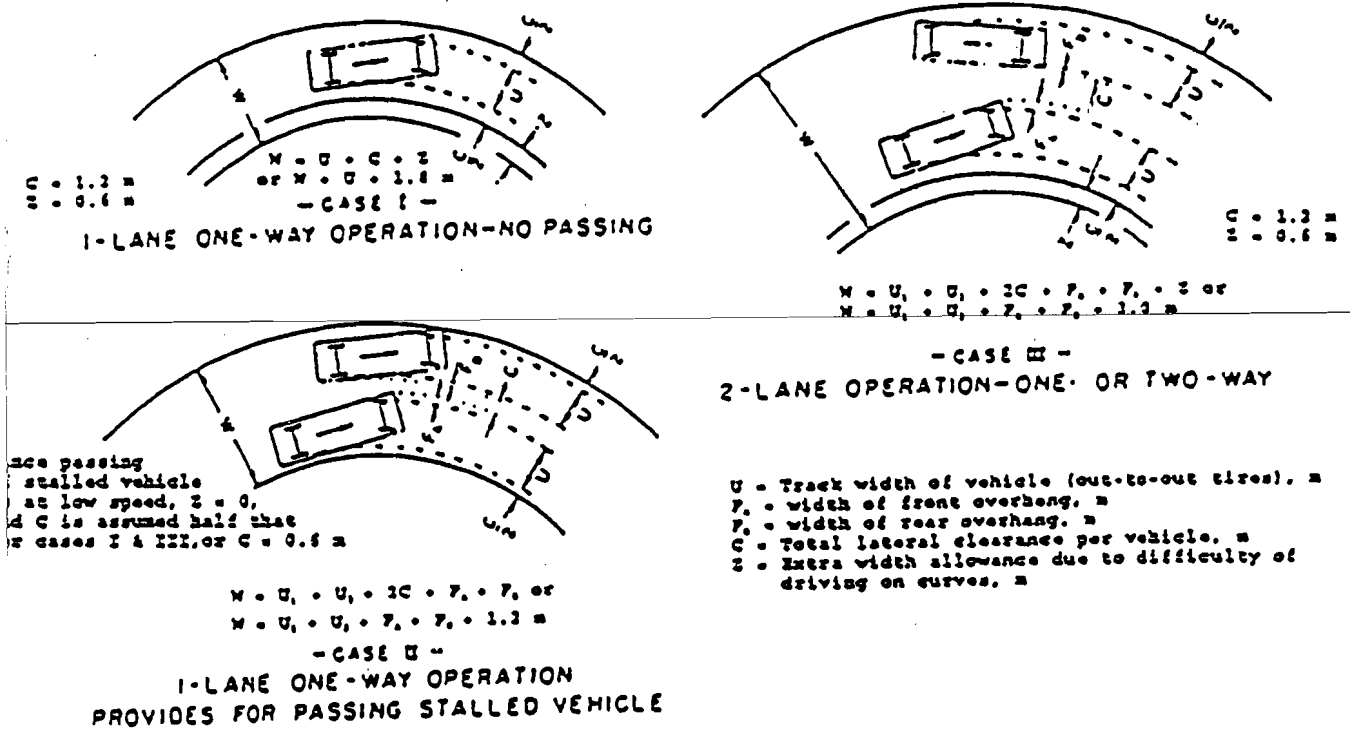
L = jarak as (feet)

V = kecepatan rencana pada belokan (mph)

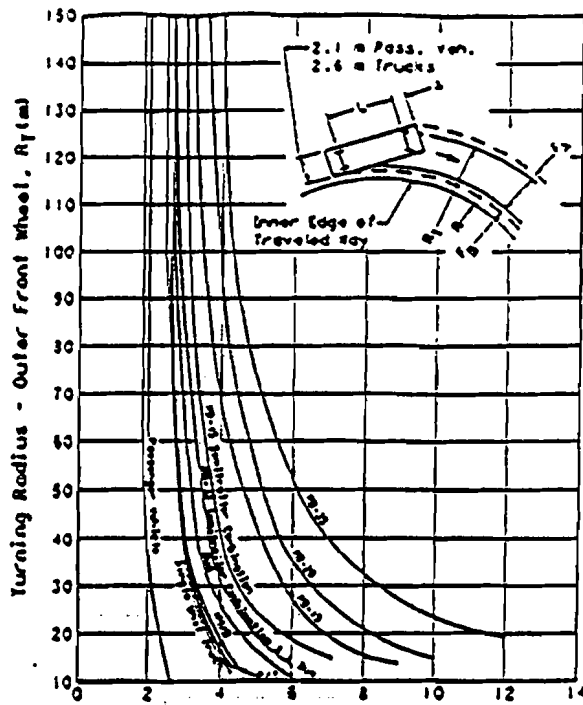
R = jari-jari belokan (feet)

Untuk perhitungan, AASHTO 1994 memberikan hubungan antara U vs R_T (gambar 5.7 dan 5.8) serta asumsi-asumsi yang digunakan sebagai berikut :

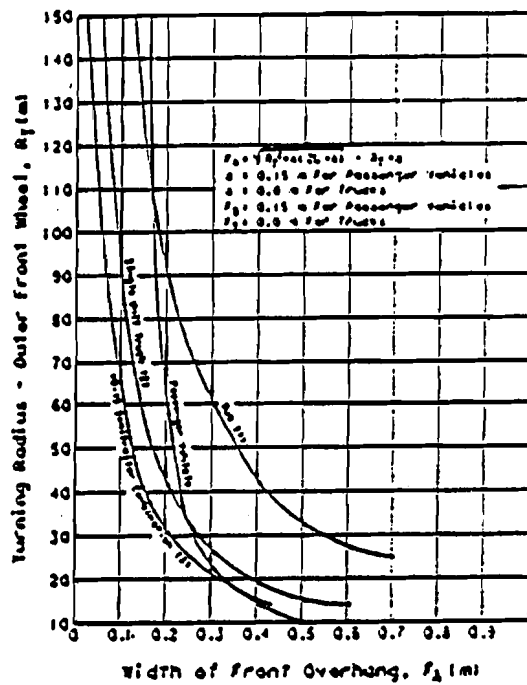
1. kebebasan samping (C) = 4 feet
2. untuk jari-jari belokan < 500 feet, $z = 2$ feet
3. untuk kendaraan rencana SU, $F_B = 0$



Gambar 5.6 Lebar lengkung pada persimpangan
 Sumber AASHTO 1994



Gambar 5.7 Lebar penjejakan dan "overhang" untuk operasi kendaraan rencana pada belokan.
 Sumber : AASHTO 1994



Gambar 5.8 Lebar penjejakan dan "overhang" untuk operasi kendaraan rencana pada belokan.
 Sumber : AASHTO 1994

5.2.6 Pulau

Pulau pada persimpangan sebidang maksudnya adalah bagian diantara jalur-jalur lalu lintas yang menonjol pada permukaan jalan, biasanya dibuat dari beton atau tanah padat. Pulau tersebut dapat berfungsi sebagai :

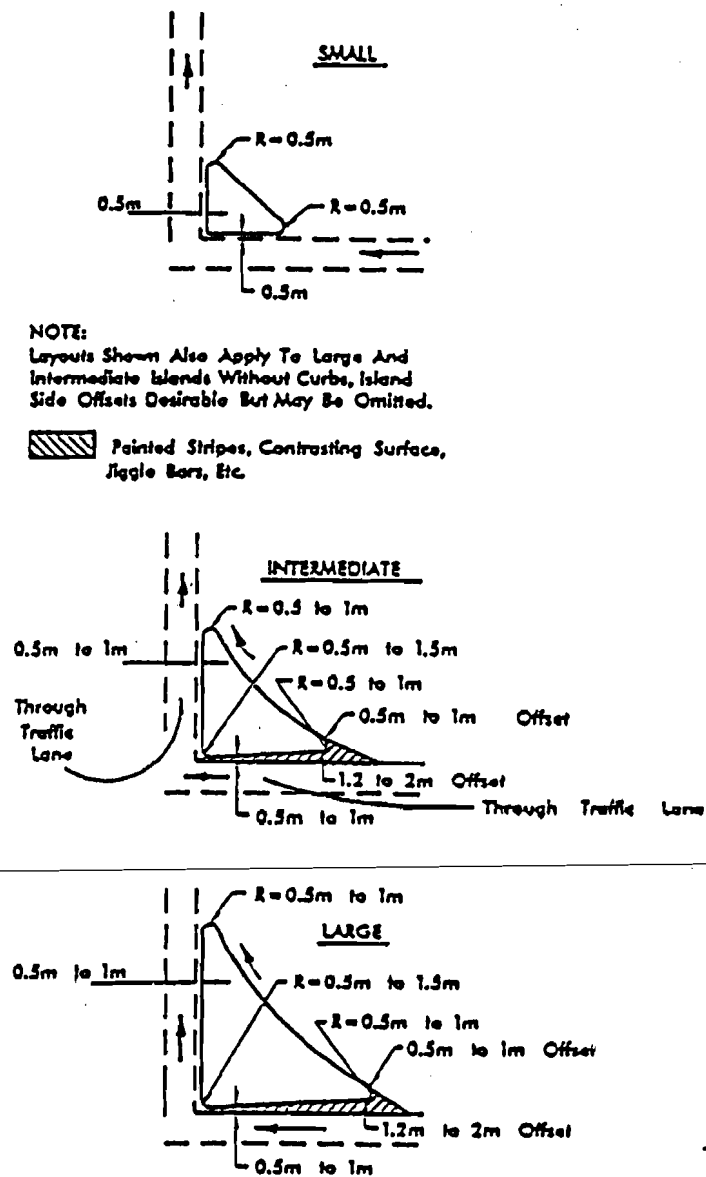
1. pengarah, yaitu mengatur dan mengarahkan pergerakan lalu lintas, terutama gerakan membelok.
2. pemisah, yaitu memisahkan pergerakan lalu lintas baik yang berlawanan arah maupun yang searah.
3. pelindung, yaitu memberi tempat bagi pejalan kaki agar terlindung dari lalu lintas kendaraan.

Pada persimpangan kebanyakan pulau-pulau direncanakan dengan kombinasi ketiga fungsi tersebut diatas. Bentuk pulau umumnya segitiga atau memanjang dengan ukuran-ukuran yang tergantung desain persimpangan. AASHTO 1994 memberikan ketentuan-ketentuan mengenai ukuran pulau sebagai berikut :

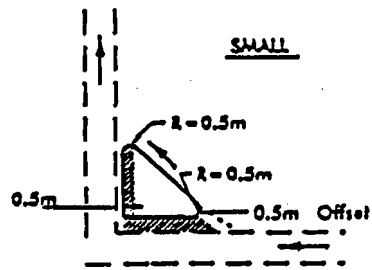
1. luas minimum 5 m^2 untuk urban dan 7 m^2 untuk rural
2. untuk bentuk segitiga, panjang minimum sisi-sisinya 3,5 m
3. untuk bentuk memanjang, lebar minimum 1m dan panjang 6-8 m
4. dalam hal khusus, misalnya keterbatasan tempat, lebar minimum absolut 2 feet (0,6 m)

Ujung atau tepi pulau harus jelas dan memberi keamanan bagi kendaraan yang mendekatinya. Untuk itu biasanya ujung pulau dibulatkan dan tepinya diberi kerb setinggi 15 – 17,5 cm, juga sekeliling pulau diberi marka-marka dengan jarak 60 – 90 cm dari tepi pulau. Bisa juga sekeliling pulau tersebut diberi permukaan

yang kasar atau diberi tonjolan ("jiggle bars"). Untuk jelasnya detail perancangan pulau (khusus bentuk segitiga) dapat dilihat pada gambar - gambar berikut :

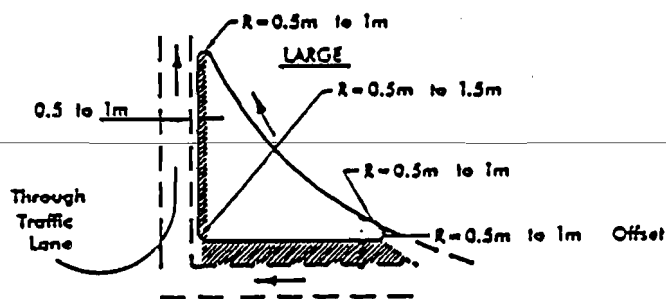
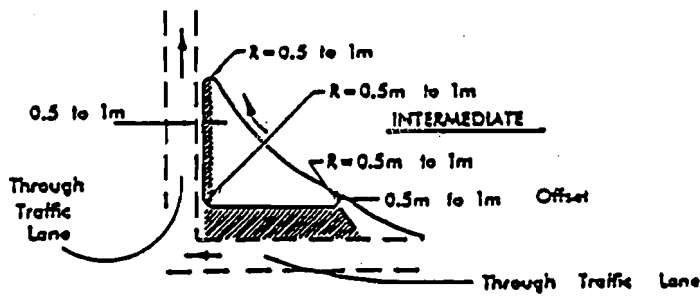


Gambar 5.9 Detail perancangan pulau segitiga (diperkeras, tanpa bahu)
Sumber : AASHTO 1994



NOTE:
 Layouts Shown Also Apply To Large And Intermediate Islands Without Curbs, Island Side Offsets Desirable But May Be Omitted.

 Shoulder



Gambar 5.10 Detail perancangan pulau segitiga (diperkeras, tanpa bahu)
 Sumber : AASHTO 1994

5.2.7 Superelevasi Lengkung pada Persimpangan

Superelevasi pada persimpangan dibutuhkan untuk mengalirkan air ke saluran drainasi sehingga persimpangan tidak tergenang air dan untuk keamanan serta kenyamanan pengemudi waktu melintasi persimpangan.

Adanya variasi kecepatan pada persimpangan, seperti antara saat dimana kecepatan dipengaruhi volume lalu lintas yang ramai dan saat dimana lalu lintas sepi, menyebabkan ketentuan superelevasi yang tidak tepat dihindari. Untuk itu dalam penentuan superelevasi tersebut diberikan batas antara ("range") tertentu sesuai dengan kecepatan rencana dan jari-jari lengkung. Menurut AASTHO, batas antara superelevasi maximum adalah 6 % sampai 12%. Tabel 5.6 menunjukkan batas antara untuk perancangan superelevasi lengkung pada persimpangan.

Tabel 5.6 Superelevasi lengkung pada persimpangan

Radius (m)	Batas antara superelevasi (%) untuk kecepatan rencana (km/h) sbb :					
	20	30	40	50	60	70
15	2 - 12	-	-	-	-	-
25	2 - 7	2 - 10	-	-	-	-
50	2 - 5	2 - 8	4 - 10	-	-	-
70	2 - 4	2 - 6	3 - 8	6 - 10	-	-
100	2 - 3	2 - 4	3 - 6	5 - 9	8 - 10	-
150	2 - 3	2 - 3	3 - 5	4 - 7	6 - 9	9 - 10
200	2	2 - 3	2 - 4	3 - 5	5 - 7	7 - 9
300	2	2 - 3	2 - 3	3 - 4	4 - 5	5 - 6
500	2	2	2	2 - 3	3 - 4	4 - 5
700	2	2	2	2	2 - 3	3 - 4
1000	2	2	2	2	2	2 - 3

Sumber : AASHTO 1994

Untuk mencapai superelevasi maximum pada lengkung tersebut diperlukan perubahan superelevasi secara bertahap dari kondisi lurus sampai membelok (lengkung). AASHO menetapkan batas perubahan superelevasi untuk setiap stasiun (100 ft) atau tiap panjang lengkung 25 ft sesuai dengan kecepatan rencananya, sebagai berikut :

Tabel 5.7 Perancangan perubahan superelevasi lengkung pada persimpangan

Kec.Rencana	15 – 20	25	30	> 35
Perubahan superelevasi				
- per stasiun (%)	8	7	6	5
- per 25 ft (%)	2	1,7	1,5	1,2

Sumber : AASHTO 1994

Selain desain superelevasi lengkung dan pentahapan perubahan superelevasi tersebut, perlu juga dikontrol penampang melintang jalan pada persimpangan sebidang, agar kendaraan masih dapat dengan aman dan nyaman mendekati dan melintasi persimpangan. Hal ini dilakukan dengan mengontrol perbedaan antara dua penampang perkerasan yang berdekatan pada suatu penampang melintang jalan. AASHO menetapkan perbedaan aljabar tersebut sebagai berikut :

Tabel 5.8 Perbedaan aljabar maksimum kemiringan melintang perkerasan

Kecepatan Rencana (km/h)	Perbedaan Aljabar Maksimum (%)
≤ 30	5 – 8
40 – 50	5 – 6
> 60	4 – 5

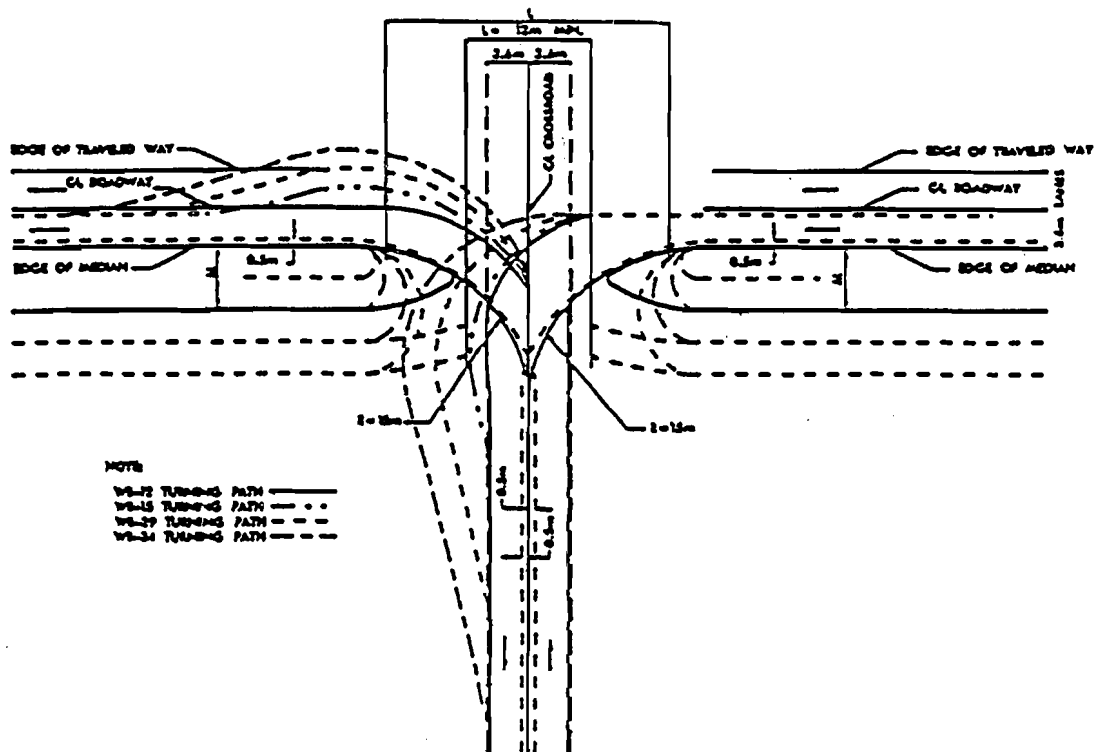
Sumber : AASHTO 1994

5.2.8 Bukaian Median

Bukaian median adalah jarak antara ujung-ujung median pada persimpangan dari suatu jalan. Bukaian median ini untuk memberi tempat bagi kendaraan pada waktu melintas atau membelok di persimpangan agar tidak melanggar batas / daerah jalur didekatnya.

Dalam mendesain bukaan median, yang diperhitungkan adalah panjang bukaan median. Panjang bukaan median ini dipengaruhi oleh faktor-faktor lebar median, bentuk ujung median dan penjejakan dari gerak kendaraan rencana, terutama gerak membelok gerak kekanan.

AASHO memberikan ketentuan panjang bukaan median pada persimpangan yang tegak lurus untuk kendaraan rencana tipe SU (lihat gambar 5.11). Untuk persimpangan yang berpotongan tidak tegak lurus, maka sudut kemiringan juga mempengaruhi panjang bukaan median (lihat gambar 5.12). Untuk persimpangan yang bersudut tersebut AASHO juga memberikan desain minimum untuk bukaan median (lihat tabel 5.9).

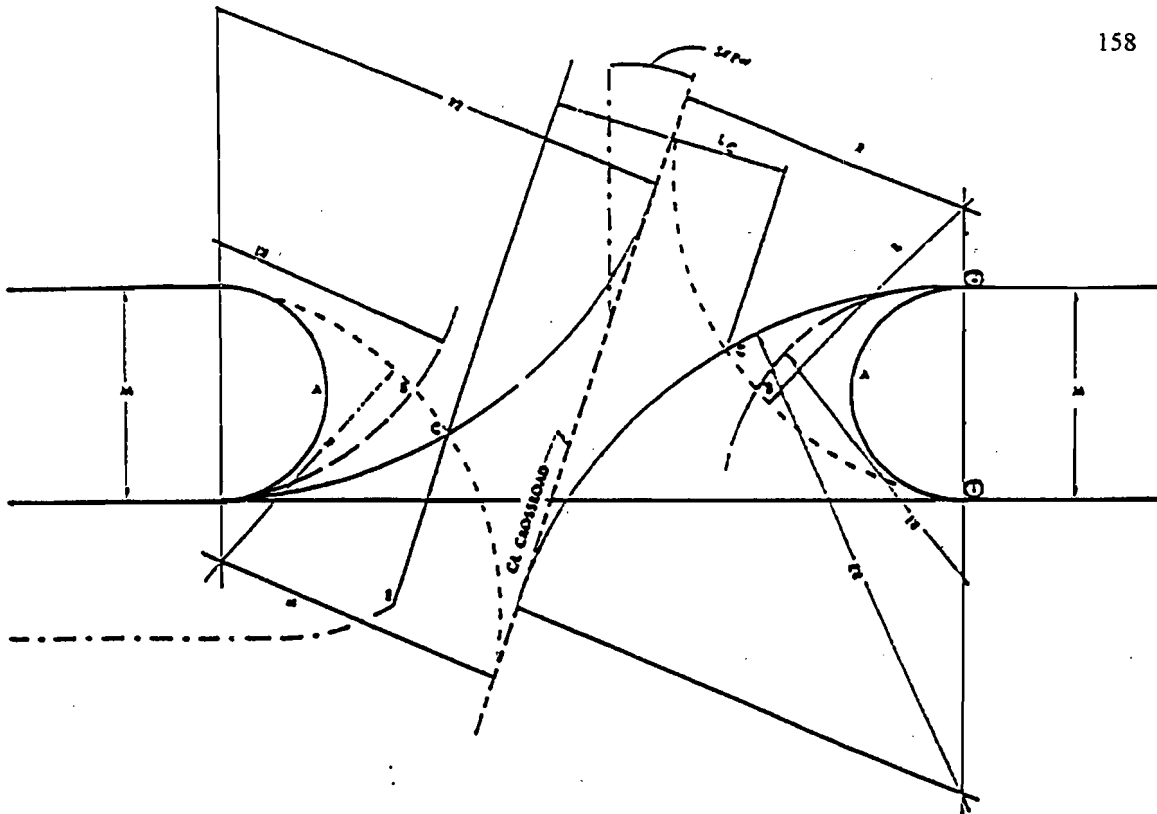


Gambar 5.11 Perancangan minimum dari bukaan median (kendaraan rencana adalah "SU", jarak control 15 m)
Sumber : AASHTO 1994

Tabel 5.9 Perancangan minimum dari bukaan median (kendaraan rencana adalah "SU", jarak control 15 m)

Width Median M	L = Minimum Length of Median Opening (m)	
	Semicircular	Bullet Nose
1.2	28.8	28.8
1.8	28.2	22.8
2.4	27.6	20.4
3.0	27.0	18.6
3.6	26.4	17.4
4.2	25.8	15.9
4.8	25.2	15.0
6.0	24.0	13.2
7.2	22.8	12.0 Min.
8.4	21.6	12.0 Min.
9.6	20.4	12.0 Min.
10.8	19.2	12.0 Min.
12.0	18.0	12.0 Min.
15.0	15.0	12.0 Min.
18.0	12.0 Min.	12.0 Min.
21.0	12.0 Min.	12.0 Min.

Sumber : AASHTO 1994



Gambar 5.12 Perancangan minimum bukaan median (effect of skew)
 Sumber : AASHTO 1994

Tabel 5.10 Akibat kemiringan pada perancangan minimum bukaan median
 (jarak kontrol 15 m)

Skew Angle (degrees)	Width of Median (m)	Length of Median Opening Measured Normal to the Crossroad (m)			R for Design C (m)
		Semi-circular A	Bullet Nose		
			Symmetrical B	Asymmetrical C	
0	3	27	19	—	—
	6	24	13	—	—
	9	21	12 Min.	—	—
	12	18	12 Min.	—	—
	15	15	12 Min.	—	—
	18	13	12 Min.	—	—
10	3	32	24	23	21
	6	28	17	16	20
	9	25	14	12 Min.	20
	12	21	12 Min.	12 Min.	19
	15	18	12 Min.	12 Min.	18
	18	14	12 Min.	12 Min.	18
20	3	36	29	27	29
	6	32	22	20	28
	9	28	18	14	26
	12	24	14	12 Min.	25
	15	20	12 Min.	12 Min.	23
	18	16	12 Min.	12 Min.	21
30	3	41	34	32	42
	6	36	27	23	39
	9	31	23	17	36
	12	27	19	13	33
	15	23	15	12 Min.	30
	18	18	12	12 Min.	27
40	3	44	38	35	63
	6	39	32	27	58
	9	35	27	20	53
	12	29	23	15	47
	15	24	19	12 Min.	42
	18	19	15	12 Min.	36

Sumber : AASHTO 1994

5.3 Perancangan

5.3.1 Jumlah Jalur dan Belokan

Untuk melayani pergerakan lalu-lintas pada persimpangan sebidang pada Simpang Grogol ini dirancang jumlah jalur pada masing-masing arah sebagai berikut:

1. Dari arah jalan S. Parman
 - 1 jalur lurus menuju jalan Latumeten
 - 1 jalur belok kiri ke jalan Daan Mogot
 - 2 jalur belok kanan ke jalan Kiai Tapa
2. Dari arah jalan Latumeten
 - 3 jalur lurus menuju jalan S. Parman
 - 1 jalur belok kiri ke jalan Kiai Tapa
 - 1 jalur belok kanan ke jalan Daan Mogot
3. Dari arah jalan Daan Mogot
 - 2 jalur lurus menuju jalan Kiai Tapa
 - 1 jalur belok kiri ke jalan Latumeten
 - 1 jalur belok kanan ke jalan S. Parman
4. Dari arah jalan Kiai Tapa
 - 2 jalur lurus menuju jalan Daan Mogot
 - 1 jalur belok kiri ke jalan S. Parman
 - 1 jalur belok kanan ke jalan Latumeten

Disamping jalur – jalur tersebut, pada persimpangan disediakan dua buah pemutaran (“U – turn”) pada jalan utama yaitu pada jalan S. Parman – jalan Latumeten.

Sudut tiap belokan diperhitungkan dari perpotongan antara sumbu masing-masing jalan yang saling berhubungan.

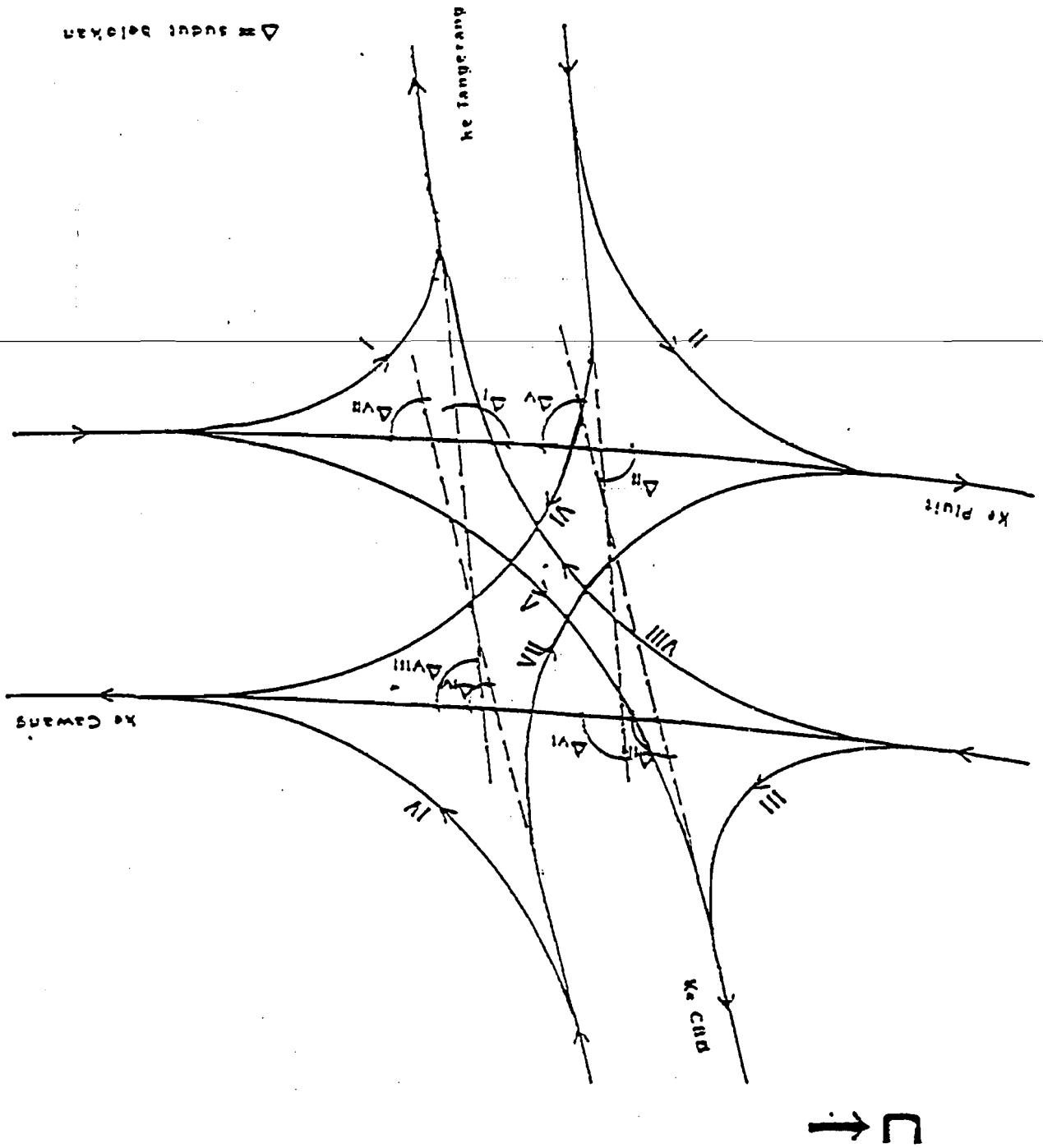
5.3.2 Jari- Jari Tepi Perkerasan pada Belokan

Jari – jari tepi perkerasan yang telah didesain oleh perencana yaitu PCI dievaluasi bentuk belokannya berdasarkan sudut belokan yang ada sehingga sesuai standar AASHTO dan dikoreksi dengan desain minimum berdasarkan standar AASHTO 1994. Belokan-belokan dan sudut belokan pada persimpangan sebidang Grogol disajikan dalam tabel 5.11 dan dapat dilihat pada gambar 5.13.

Tabel 5.11 Belokan-belokan dan sudut belokan persimpangan sebidang Grogol

Belokan	Arah belokan	Sudut belokan (Δ)
I	Kekiri	110°
II	Kekiri	75°
III	Kekiri	120°
IV	Kekanan	80°
V	Kekanan	60°
VI	Kekanan	105°
VII	Kekanan	80°
VIII	Kekanan	70°

Gambar 5.13 Sudut belokan pada Persimpangan Sebidang



A. Belokan kekiri

1. Belokan I

Kendaraan rencana : WB-12

Sudut belokan : 110°

Tipe belokan : Kurva gabungan tiga pusat simetris

$R_{\min} = 30 \text{ m} - 11 \text{ m} - 30 \text{ m}$ (Tabel 5.5)

$R_{\text{desain}} = 60 \text{ m} - 13,5 \text{ m} - 25 \text{ m} \dots\dots\dots \text{OK !}$

2. Belokan II :

Kendaraan rencana : WB-12

Sudut belokan : 75°

Tipe belokan : Kurva gabungan tiga pusat asimetris

$R_{\min} = 36 \text{ m} - 14 \text{ m} - 60 \text{ m}$ (tabel 5.5)

$R_{\text{desain}} = 40 \text{ m} - 16,5 \text{ m} - 60 \text{ m} \dots\dots\dots \text{OK !}$

3. Belokan III :

Kendaraan rencana : SU

Sudut belokan : 120°

Tipe belokan : Kurva gabungan tiga pusat simetris

$R_{\min} = 30 \text{ m} - 9 \text{ m} - 30 \text{ m}$ (Tabel 5.5)

$R_{\text{desain}} = 60 \text{ m} - 16,5 \text{ m} - 40 \text{ m} \dots\dots\dots \text{OK !}$

Menurut standar AASHTO 1994 , tipe belokan Kurva sederhana (hasil rancangan konsultan) hanya digunakan untuk sudut belokan $< 90^\circ$, sedangkan yang untuk sudut belokan $> 90^\circ$ sebaiknya digunakan Kurva gabungan tiga pusat.

4. Belokan IV :

Kendaraan rencana : SU

Sudut belokan : 80°

Tipe belokan : Kurva gabungan tiga pusat simetris

R min = 36 m - 12m - 36m (Tabel 5.5)

R desain = 60m - 16,5m - 40 m OK !

R desain dirancang Kurva gabungan dua pusat(konsultan), standar AASHTO 1994 tidak memiliki desain Kurva gabungan dua pusat.

B. Belokan kekanan

1. Belokan V :

Kendaraan rencana : SU

Sudut belokan : 60°

Tipe belokan : Kurva sederhana

R min = 18 m (Tabel 5.4)

R desain = 27,5 OK !

Untuk $\Lambda < 90^\circ$ AASHTO 1994 memberikan bentuk belokan tipe kurva

sederhana, sedang tipe kurva gabungan tiga pusat untuk $\Lambda > 90^\circ$.

2. Belokan VI :

Kendaraan rencana : SU

Sudut belokan : 105°

Tipe belokan : Kurva gabungan tiga pusat simetris

R min = 30 m - 11 m - 30 m (Tabel 5.5)

R desain = 100 m - 12,5 m - 100 m OK !

3. Belokan VII :

Kendaraan rencana : SU

Sudut belokan : 80°

Tipe belokan : Kurva sederhana

R min = 17 m (Tabel 5.4)

R desain = 35,5 m OK !

4. Belokan VIII :

Kendaraan rencana : SU

Sudut belokan : 70°

Tipe belokan : Kurva sederhana

R min = 17,5 m (Tabel 5.4)

R desain = 27,5 m OK !

5.3.3 Pemutaran (U – turn)

A. Pemutaran I :

Kendaraan rencana : SU

Tipe manuver : jalur dalam ke jalur dalam

M min = 19 m (Tabel 5.2)

M ada = 20 m OK !

Bentuk ujung median "Bullet Nose"

R min = 36 m - 4m - 36 m (Tabel 5.3)

R ada = 50 m - 7,5 m - 50 m OK !

B. Pemutaran II :

Kendaraan rencana : SU

Tipe Manuver : jalur dalam ke jalur dalam

$M_{min} = 19 \text{ m}$ (Tabel 5.2)

$M_{ada} = 20 \text{ m}$ OK !

Bentuk ujung median "Bullet Nose"

$R_{min} = 36 \text{ m} - 4 \text{ m} - 36 \text{ m}$ (Tabel 5.3)

$R_{ada} = 50 \text{ m} - 7,5 \text{ m} - 50 \text{ m}$ OK !

5.3.4 Lebar Perkerasan Pada Belokan

Untuk perhitungan lebar perkerasan pada belokan, belokan-belokan dibagi menjadi dua macam berdasarkan jumlah jalur dan operasi kendaraan gerakan membelok :

1. Belokan 1 jalur - 1 arah terdiri dari :

Belokan I, II, III, IV, VII, VIII

2. Belokan 2 jalur - 1 arah terdiri dari :

Belokan V dan VI

Perhitungan :

A. Belokan 1 jalur - 1 arah

1. Belokan I :

$V_r = 25 \text{ mph} = 40 \text{ km / jam}$

Jari-jari tepi perkerasan dalam $R = 44,4 \text{ ft} = 13,5 \text{ m}$

Kendaraan rencana WB-40 (WB-12 AASHTO 1994)

$RT = 40 \text{ ft}$

$= 12,2 \text{ m}$

$$u = 8,5 \text{ ft}$$

$$= 2,6 \text{ m}$$

$$L = 40 \text{ ft}$$

$$= 15,2 \text{ m}$$

Lebar penjejakan kendaraan (U)

Gambar 5.6 , grafik RT vs U $\rightarrow U = 20 \text{ ft}$

$$= 6 \text{ m}$$

Lebar ekstra untuk kesulitan membelok (Z)

$$Z = V / \sqrt{R}$$

$$= 25 / \sqrt{44,3} = 3,8 \text{ ft} = 1,14 \text{ m}$$

Kebebasan samping (C)

$$\text{Diambil } C = 2 \text{ ft} = 0,6 \text{ m}$$

Lebar perkerasan pada belokan (W)

$$W = U + C + Z$$

$$= 6 + 0,6 + 1,14$$

$$= 7,74 \text{ m}$$

2. Belokan II

$$V_r = 25 \text{ mph} = 40 \text{ km / jam}$$

$$\text{Jari-jari tepi perkerasan dalam } R = 55 \text{ ft} = 16,5 \text{ m}$$

Kendaraan rencana WB-40

$$RT = 12,2 \text{ m}$$

$$u = 2,6 \text{ m}$$

$$L = 15,2 \text{ m}$$

Lebar penjejakan (U)

Gambar 5.6 , grafik RT vs U $\rightarrow U = 6 \text{ m}$

$Z = 1,02 \text{ m}$

$C = 0,6 \text{ m}$

Lebar perkerasan pada belokan (W)

$W = 7,62 \text{ m}$

3. Belokan III

$V_r = 25 \text{ mph} = 40 \text{ km / jam}$

Jari-jari tepi perkerasan dalam = 16,5 m

Kendaraan rencana SU

$RT = 12,6 \text{ m}$

$u = 2,6 \text{ m}$

$L = 15,2 \text{ m}$

Lebar penjejakan (U)

Gambar 5.6 , grafik RT vs U $\rightarrow U = 6 \text{ m}$

$Z = 1,17 \text{ m}$

$C = 0,6 \text{ m}$

Lebar perkerasan pada belokan (W)

$W = 7,62 \text{ m}$

4. Belokan IV

$V_r = 25 \text{ mph} = 40 \text{ km / jam}$

Jari-jari tepi perkerasan dalam R = 16,5 m

Kendaraan rencana SU

$RT = 12,6 \text{ m}$

$$u = 2,6 \text{ m}$$

$$L = 15,2 \text{ m}$$

Lebar penjejakan kendaraan (U)

Gambar 5.6 , grafik RT vs U $\rightarrow U = 6 \text{ m}$

$$Z = 1,02 \text{ m}$$

$$C = 0,6 \text{ m}$$

Lebar perkerasan pada belokan (W)

$$W = 7,62 \text{ m}$$

5. Belokan VII

$$V_r = 25 \text{ mph} = 40 \text{ km / jam}$$

Jari-jari belokan dalam R = 35,5 m

Kendaraan rencana SU

$$RT = 12,6 \text{ m}$$

$$u = 2,6 \text{ m}$$

$$L = 15,2 \text{ m}$$

Lebar penjejakan kendaraan (U)

Gambar 5.6 , grafik RT vs U $\rightarrow U = 4,2 \text{ m}$

$$Z = 0,7 \text{ m}$$

$$C = 0,6 \text{ m}$$

Lebar perkerasan pada belokan (W)

$$W = 5,5 \text{ m}$$

6. Belokan VIII

$$V_r = 25 \text{ mph} = 40 \text{ km / jam}$$

Jari-jari tepi perkerasan dalam R = 27,5 m

Kendaraan rencana SU

$$RT = 12,6 \text{ m}$$

$$u = 2,6 \text{ m}$$

$$L = 15,2 \text{ m}$$

Lebar penjejakan kendaraan (U)

Gambar 5.6 , grafik RT vs U $\rightarrow U = 4,2 \text{ m}$

$$Z = 0,8 \text{ m}$$

$$C = 0,6 \text{ m}$$

Lebar perkerasan pada belokan (W)

$$W = 5,6 \text{ m}$$

B. Belokan 2 jalur - 1 arah

1. Belokan V

$$V_r = 25 \text{ mph} = 40 \text{ km / jam}$$

$$\text{Jari-jari belokan dalam } R = 27,5 \text{ m}$$

$$\text{Jari-jari belokan luar } R = 30 \text{ m}$$

Lebar penjejakan kendaraan (U)

Gambar 5.7 , grafik RT vs U $\rightarrow U = 3 \text{ m}$

Lebar ekstra untuk kesulitan membelok (Z)

$$Z = V / \sqrt{R}$$

$$= 25 / \sqrt{72,1}$$

$$= 2,9 \text{ ft} = 0,9 \text{ m}$$

FA \rightarrow grafik FA vs RT

$$FA = 0$$

Untuk kendaraan rencana SU : $FB = 0$

Lebar perkerasan pada belokan (W)

$$\begin{aligned} W &= 2 (U + C) + FA + FB + Z \\ &= 2 (3 + 0,6) + 0 + 0 + 0,9 \\ &= 9,1 \text{ m} \end{aligned}$$

2. Belokan VI

$$V_r = 25 \text{ mph} = 40 \text{ km / jam}$$

$$\text{Jari-jari belokan dalam } R = 12,5 \text{ m}$$

$$\text{Jari-jari belokan luar } R = 30 \text{ m}$$

Lebar penjejakan kendaraan (U)

$$RT = 12,6 \text{ m}, \text{ Gambar 5.7, grafik RT vs U } \rightarrow U = 3 \text{ m}$$

$$Z = 0,87 \text{ m}$$

FA \rightarrow grafik FA vs RT

$$FA = 0,9 \text{ m}$$

Untuk kendaraan rencana SU : $FB = 0$

Lebar perkerasan pada belokan (W)

$$W = 8,97 \text{ m}$$

5.3.5 Jarak Pandangan Segitiga

Jarak pandangan segitiga (d) diperhitungkan dari kecepatan rencana jalan arteri yang mendekati persimpangan Grogol sebagai berikut :

$$V_r = 60 \text{ km / jam}$$

$$= 37,5 \text{ mph}$$

dari grafik d vs V AASHTO 1994 (gambar 5.5)

$V = 60 \text{ km / jam}$ diperoleh $d = 120 \text{ m}$

5.3.5 Pulau

Pulau-pulau telah direncanakan dengan bentuk segitiga dan dimensi pada tabel dibawah ini.

Dimensi pulau-pulau tersebut memenuhi standar AASHTO 1994 sebagai berikut :

1. luas minimum = $4,6 \text{ m}^2$
2. sisi minimum = $2,5 \text{ m}^2$

Tabel 5.12 Hasil perhitungan rancangan pulau dengan bentuk segitiga

Pulau	Panjang sisi-sisi (m)			Luas (m^2)
	A	B	c	
A	8	8	10	31,2
B	10	7	14	32,9
C	35	35	40	574,4
D	40	40	65	757,8
E	7	4	8	13,9
F	6	3	6	8,7

5.3.6 Superelevasi pada persimpangan

Dengan batas antara superelevasi sesuai standar AASHTO 1994 direncanakan superelevasi maksimum pada belokan-belokan. Pada bidang persimpangan Grogol, superelevasi jalan utama (S. Parman – Latumeten) sebesar 2 % diprioritaskan sedang jalan melintasnya (Daan Mogot – Kiai Tapa) disesuaikan dengan superelevasi jalan utama tersebut.

Kemudian diperhitungkan pentahapan perubahan superelevasi sampai mencapai superelevasi maksimum pada belokan dan pemutaran sebagai berikut ini .

$V_r = 15 - 20$ mph untuk tiap 25 ft panjang

Tabel 5.13 Hasil perhitungan superelevasi dan pentahapan perubahan superelevasi Simpang Grogol

Lengkung	R (m)	e max (%)	Tahapan perubahan e (%)			
			A	b	c	d
Belokan						
I	13,75	6	5,5	6	5,5	-
II	16,50	7	6	6,4	7	6,4
III	16,5	7	6	6,4	7	6,4
IV	16,5	7	6	6,4	7	6,4
Pemutaran						
I	7,5	8	7,4	8	7,4	-
II	7,5	8	7,4	8	7,4	-

Kontrol perbedaan aljabar kemiringan melintang perkerasan (A) untuk penampang melintang jalan dilakukan pada ujung-ujung belokan ("turning roadway terminal") dan daerah persimpangan ("intersection area").

Tabel 5.14 Kontrol perbedaan aljabar landai

Lengkung	A	Kontrol
Belokan		
I	$(-5,5) - (-2) = 3,5 \%$	OK!
II	$(-6) - (-2) = 4 \%$	OK!
III	$(-6) - (-2) = 4 \%$	OK!
IV	$(-6) - (-2) = 4 \%$	OK!
pemutaran		
I	$(-7,4) - (-1) = 6,4 \%$	OK!
II	$(-7,4) - (-1) = 6,4 \%$	OK!
Penampang daerah persimpangan		
I	$(2) - (-2) = 4 \%$	OK!

5.3.7 Desain Buka Median

Dari lay-out persimpangan sebidang diperoleh sudut simpang $\alpha = 10^\circ$

Dari tabel 5.9 dan 5.10 diperoleh :

- $\alpha = 10^\circ$
- $M = 20 \text{ m}$
- Bentuk ujung : "Bullet Nose, Asymetrical"
- $L_c \text{ min} = 12 \text{ m}$
- $R^2 \text{ min} = 18 \text{ m}$

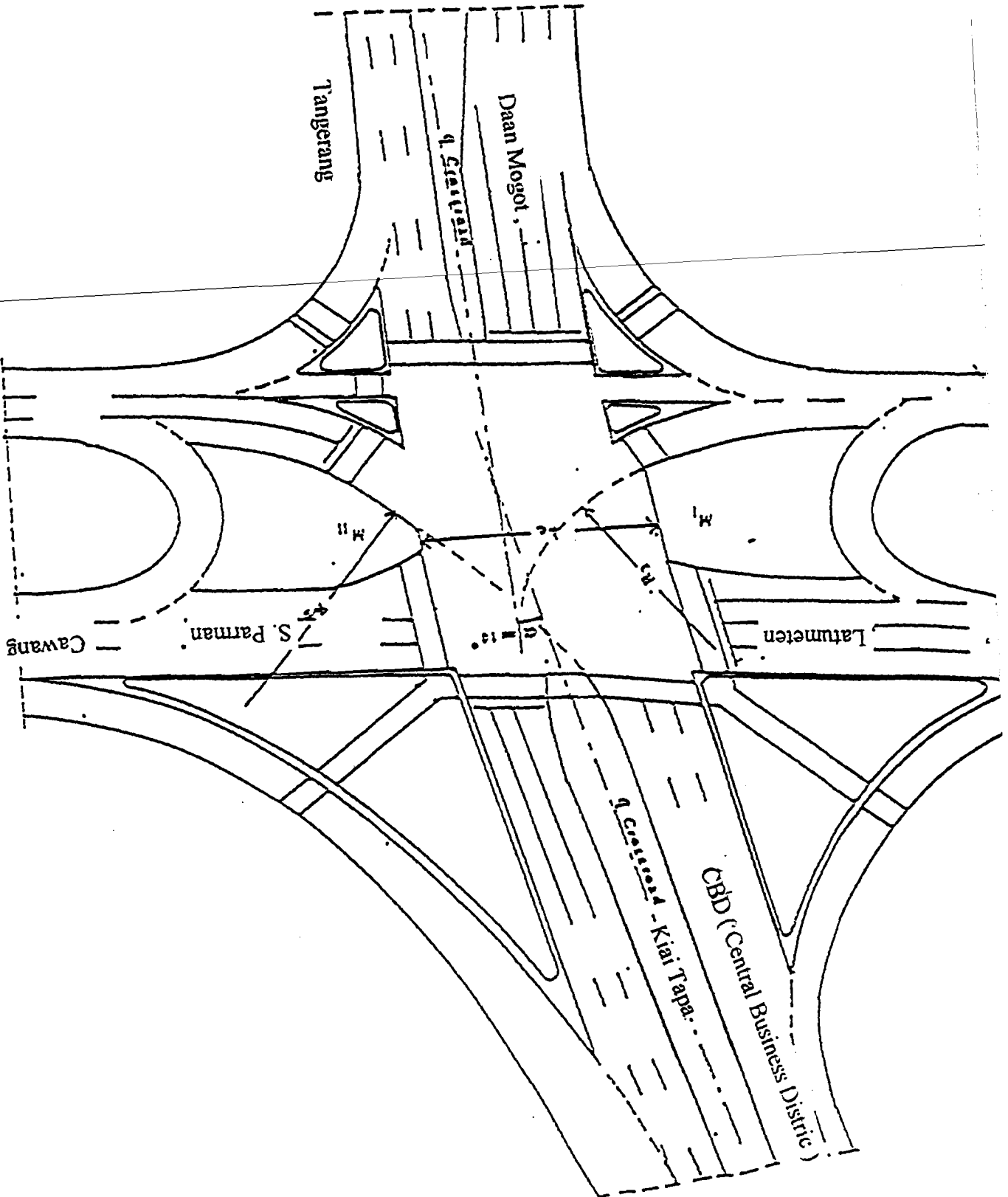
Desain yang ada :

$$L_c = 26,6 \text{ m} > L_c \text{ min} \dots\dots\dots \text{OK!}$$

$$\text{Untuk median } M^I : R^2 = 22 \text{ m} > R^2 \text{ min} \dots\dots\dots \text{OK!}$$

$$\text{Untuk median } M^{II} : R^2 = 100 \text{ m} > R^2 \text{ min} \dots\dots\dots \text{OK!}$$

Gambar 5.14 Sudut simpang persimpangan Grogol



5.4. Pembahasan

Persimpangan sebidang harus memberikan pelayanan yang memadai terhadap pergerakan lalu lintas yang bersilangan maupun yang membelok, terutama pergerakan yang diprioritaskan. Hal ini untuk mengurangi terjadinya kecelakaan.

Untuk merancang belokan, putaran dan sebagainya faktor yang perlu diperhatikan pada umumnya adalah jari-jari putaran serta sudut belokan dan kendaraan rencana yang digunakan tipe SU ("Single Unit Truck") dan khusus untuk belokan ke arah Tangerang diasumsikan kendaraan rencana tipe semi trailer WB 40,(untuk evaluasi berdasarkan AASHTO 1994 memakai WB-12 yang dimensinya sama) yang diperkirakan sewaktu-waktu akan melalui belokan tersebut.

Pada perancangan Simpang Grogol ini baiknya digunakan juga kendaraan rencana yang lebih besar dari tipe semi trailer, misalnya tipe WB-19 (AASTHTO 1994) karena untuk mengantisipasi perkembangan lalu-lintas kearah Tangerang yang merupakan daerah yang memiliki banyak industri.

Pada perancangan belokan AASHTO mensyaratkan untuk sudut belokan $< 90^\circ$ dirancang dengan bentuk Kurva sederhana ("Simple Curve") dan untuk sudut belokan $> 90^\circ$ dirancang dengan bentuk kurva gabungan tiga pusat ("Three Centered Compound Curve"). Pada perancangan jari-jari tepi perkerasan pada belokan, jari-jari tepi perkerasan yang didesain umumnya lebih besar dari jari-jari minimum putaran/belokan dari kendaraan rencana, sehingga kendaraan tidak perlu membelok terlalu tajam.

Tabel 5.15 Hasil perhitungan konsultan

Kendaraan rencana	Sudut belokan	Tipe belokan	Rmin	Redesain	Belokan
WB - 40	110°	TCCCS	30 m - 11 m - 30 m	60 m - 13,5 m - 25 m	I
WB - 40	75°	TCCCA	40 m - 13,7 m - 60 m	40 m - 16,5 m - 60 m	II
SU	120°	TCCCS	30,5m - 9,1m - 30,5 m	45 m (simple curve)	III
SU	80°	TCCCS	30,5m - 11m - 30,5 m	150 m - 60 m (Two CCC)	IV
SU	60°	SC	18 m	100m - 22 m - 100 m	V
SU	105°	TCCCS	30,5m - 11 m - 30,5m	100m - 12,5m - 100 m	VI
SU	80°	SC	16 m	35 m	VII
SU	70°	SC	17,5 m	27,5 m	VIII

Tabel 5.15 Hasil evaluasi perancangan

Kendaraan rencana	Sudut belokan	Tipe belokan	Rmin	Rdesain	Belokan
WB - 12	110°	TCCCS	30 m - 11 m - 30 m	60 m - 13,5 m - 25 m	I
WB - 12	75°	TCCCA	36 m - 14m - 60 m	40m - 16,5m - 60m	II
SU	120°	TCCCS	30 m - 9m - 30 m	60 m - 16,5 m - 40 m	III
SU	80°	TCCCS	36 m - 12m - 36 m	60 m - 16,5 m - 40 m	IV
SU	60°	SC	18 m	27,5 m	V
SU	105°	TCCCS	30 m - 11 m - 30 m	100 m - 12,5 m - 100 m	VI
SU	80°	SC	17 m	35,5 m	VII
SU	70°	SC	17 m	27,5 m	VIII

Keterangan : TCCCA = Three Centered Compound Curve
 TCCCS = Three Centered Compound Curve
 SC = Simple Curve
 TwoCCC = Two Centered Compound Curve

Pada perancangan jari-jari tepi perkerasan pada belokan, jari-jari tepi perkerasan yang didesain harus lebih besar dari jari-jari minimum yang disyaratkan AASHTO. Dari kedua hasil, pada belokan III perencana merancang dengan belokan "simple curve" seharusnya dengan sudut belokan $>90^\circ$ dirancang dengan bentuk TCCCS, juga pada belokan IV. Pada belokan IV dengan sudut belokan $< 90^\circ$ seharusnya dirancang dengan bentuk "simple curve". AASHTO tidak mensyaratkan bentuk "Two Centered Compound Curve", tipe ini bisa saja digunakan bila tipe kendaraan rencana yang dipakai adalah tipe "Triple Trailer Combination", sedangkan pada perancangan Simpang Grogol ini memakai kendaraan rencana tipe "Single Unit Truck" dan "semi trailer". Perencana juga terlalu berani merancang bentuk kurva gabungan dua pusat ("Two Centered Compound Curve") yang tidak disyaratkan oleh AASHTO, karena sebaiknya kita dalam merancang selalu memenuhi persyaratan-persyaratan yang ada.

Dari hasil evaluasi lebar perkerasan dengan AASHTO 1994 terdapat sedikit perbedaan dengan rancangan konsultan yang memakai AASHTO 1965. Dari hasil evaluasi menunjukkan nilai yang lebih besar.

Dari hasil evaluasi jarak pandangan segitiga dengan AASHTO 1994, dengan $V_r = 60$ km/jam diperoleh jarak pandang 120 m. Hasil rancangan konsultan jarak pandang 189 m.

Selain itu pada persimpangan diperlukan pulau yang umumnya berbentuk segitiga atau memanjang dengan ukuran-ukuran yang tergantung dari perancangan persimpangan. Dan ujung pulau dibulatkan serta tepinya diberi kerb.

Bukaan median diperlukan yakni jarak antara ujung-ujung median pada persimpangan dari suatu jalan agar memberikan tempat bagi kendaraan pada

waktu melintas atau membelok di persimpangan agar tidak melanggar batas atau daerah jalur didekatnya.

Kemudian yang diperlukan selanjutnya adalah superelevasi lengkung pada persimpangan yang dibutuhkan untuk mengalirkan air ke saluran drainase sehingga persimpangan tidak tergenang air dan untuk keamanan serta kenyamanan pengemudi waktu melintasi persimpangan.

BAB VI

PERANCANGAN PERKERASAN

6.1 Umum

Volume dan komposisi kendaraan suatu ruas jalan selama umur rencana ditetapkan sebagai beban yang dipikul badan jalan melalui perkerasannya. Sebagai pemikul beban perkerasan haruslah memenuhi persyaratan struktural yaitu kekuatan dan kekakuan, disamping persyaratan lalu-lintas seperti : permukaan rata, kekesatan jalan yang tidak menimbulkan selip, kemiringan untuk pengaliran air dan permukaan jalan tidak mengkilap untuk menghindarkan kesilauan akibat pantulan cahaya. Persyaratan struktural dipenuhi untuk tersedianya tebal perkerasan yang cukup serta lapisan penutup harus kedap air.

Pada saat perancangan perkerasan juga harus disertakan pertimbangan ekonomi, sehingga dengan demikian perlu adanya perancangan perkerasan secara terpadu yang mencakup dua hal pokok yakni :

1. Perancangan tebal total dan tebal masing-masing lapis perkerasan.
2. Perancangan campuran bahan-bahan perkerasan.

6.2 Jenis Perkerasan

Menurut karakteristik bahan perekat yang digunakan dikenal 2 (dua) klasifikasi perkerasan, yaitu :

1. Perkerasan Lentur (“ Flexible Pavement “)

Perkerasan lentur biasanya terdiri dari lapisan penutup dan lapisan-lapisan pondasi. Lapisan penutup dibuat dari campuran bitumen yang relatif lebih tipis bila dibandingkan lapisan-lapisan pondasi dibawahnya. Kekuatan perkerasan ini tergantung dari sifat penyebaran oleh masing-masing lapisan, oleh karena itu tebal lapisan sangat menentukan kekuatan perkerasan. Penentuan tebal lapisan terutama dipengaruhi oleh kekuatan tanah dasarnya. Dengan tersedianya tebal lapisan yang cukup, memungkinkan penyebaran beban ke tanah dasar dalam daerah yang lebih luas, sehingga tegangan tanah lebih besar dari tegangan yang ditimbulkan beban lalu-lintas diatasnya.

2. Perkerasan Kaku (“ Rigid Pavement “)

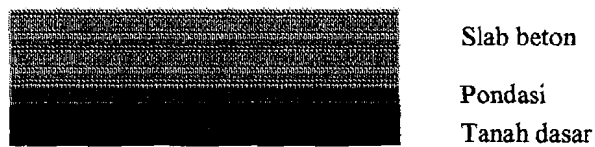
Perkerasan Kaku ini terdiri dari satu lapisan beton yang diletakkan langsung atau dengan terlebih dahulu dibuatkan selapis tipis pondasi diatas tanah dasar yang telah dipadatkan. Kekuatan perkerasan ini bukanlah ditentukan oleh kekuatan tanah dasarnya, tapi oleh kekuatan lapisan beton itu sendiri. Seperti diketahui bahwa beton mempunyai modulus elastisitas yang besar, sehingga dengan kekerasannya tersebut memungkinkan penyebaran beban ke tanah dasar dalam daerah yang lebih luas.

Perancangan perkerasan jaringan jalan di Indonesia umumnya digunakan perkerasan lentur. Demikian pula jalan Tol Cawang – Grogol konstruksi perkerasannya menggunakan perkerasan lentur, namun pada penulisan Tugas Akhir ini perancangan jalan digunakan perkerasan kaku sebagai bahan perbandingan dengan perkerasan yang sudah ada.

Bagian-bagian dari perkerasan tegar adalah sebagai berikut :

1. Lapis permukaan (slab beton)
2. Lapis pondasi
3. Tanah dasar (“subgrade”)

Bagian-bagian perkerasan tersebut dapat dilihat pada gambar 6.1 berikut ini :



Gambar 6.1 Bagian-bagian perkerasan tegar

6.3 Metoda Perancangan

Dalam Tugas akhir ini perancangan jalan Tol Cawang – Grogol dianggap sebagai perkerasan baru dengan umur rencana 20 tahun. Perancangan perkerasannya menggunakan perkerasan tegar cara AASHTO 1986. Besaran rencana yang digunakan adalah sebagai berikut :

6.3.1 Persentase Kendaraan pada Jalur Rencana

Persentase kendaraan pada jalur rencana adalah besarnya persentase kendaraan ringan atau berat yang malalui jalur rencana. Cara penentuannya dapat dilihat pada tabel 6.1 berikut :

Tabel 6.1 Tabel penentuan distribusi kendaraan

Jumlah Lajur	Kendaraan ringan		Kendaraan berat	
	1 arah	2 arah	1 arah	2 arah
1 lajur	1,00	1,00	1,00	1,00
2 lajur	0,60	0,50	0,70	0,50
3 lajur	0,40	0,40	0,50	0,475
4 lajur		0,30		0,45
5 lajur		0,25		0,425
6 lajur		0,20		0,40

Sumber : Bina Marga 1983

6.3.2 Angka Ekuivalen (E)

Angka Ekuivalen yaitu angka yang menunjukkan perbandingan jumlah lintasan beban sumbu kendaraan dengan jumlah lintasan beban sumbu yang berbeda-beda diekuivalenkan ke beban sumbu standar menggunakan angka ekuivalen beban sumbu (E). Angka Ekuivalen masing-masing golongan beban sumbu (setiap kendaraan) ditentukan menurut rumus dibawah :

$$\text{Angka Ekuivalen sumbu tunggal} = \left[\frac{\text{Beban 1 sumbu tunggal dalam kg}}{8160} \right]^4$$

$$\text{Angka Ekuivalen sumbu tunggal} = 0,086 \left[\frac{\text{Beban 1 sumbu tunggal dalam kg}}{8160} \right]^4$$

Dalam perancangan ini digunakan kendaraan berat dan ringan yaitu : untuk kendaraan ringan sedan dan untuk kendaraan berat truk. Bila beban sumbu depan dan belakang untuk masing-masing kendaraan pada jalan Tol Cawang – Grogol diperkirakan sebagai berikut :

$$\text{Sedan} = (1 \text{ ton} + 1 \text{ ton})$$

$$\text{Truk} = (5 \text{ ton} + 8 \text{ ton})$$

Maka angka ekivalen bagi masing-masing jenis kendaraan adalah:

$$\text{Sedan} = (0,0002 + 0,0002) = 0,0004$$

$$\text{Truk} = (0,1410 + 0,9238) = 1,0648$$

6.3.3 Lalu-lintas

6.3.3.1 Lalu-lintas harian rata-rata

Lalu-lintas harian rata-rata setiap jenis kendaraan ditentukan pada awal umur rencana, yang dihitung dua arah pada jalan tanpa median atau masing-masing arah jalan dengan median.

6.3.3.2 Lalu-lintas Ekivalen permulaan

Lalu-lintas Ekivalen permulaan adalah jumlah lintasan ekivalen rata-rata dari sumbu seberat 8,16 ton (18.000 lbs) pada lajur rencana yang diduga terjadi pada permulaan umur rencana.

6.3.3.3 Lalu-lintas Ekivalen Akhir

Lalu-lintas Ekivalen Akhir adalah jumlah lintasan ekivalen rata-rata dari sumbu tunggal seberat 8,16 ton (18.000 lbs) pada lajur rencana yang diduga terjadi pada akhir umur rencana jalan.

6.3.3.4 Lalu-lintas Ekivalen Tengah

Lalu-lintas Ekivalen Tengah adalah jumlah lintasan ekivalen rata-rata dari sumbu tunggal seberat 8,16 ton (18.000 lbs) pada lajur rencana pada pertengahan umur rencana.

6.3.4 Modulus Reaksi Tanah Dasar (k)

Modulus ini merupakan ukuran kekakuan tanah dasar dan dinyatakan dalam kaitannya dengan beban dalam pound per inci persegi (psi) untuk setiap lendutan

1 inci yang diukur dibawah sebuah pelat kaku berdiameter 30 inci. Penggunaan nilai tunggal (k) dalam analisis dianggap bahwa tanah dasar atau pondasi adalah elastis dan tanpa koreksi terhadap kadar air.

Nilai k berkisar antara 50 psi untuk tanah paling buruk dan 700 psi untuk tanah yang paling baik.

6.3.5 Indeks Permukaan (IP)

Indeks Permukaan adalah suatu angka yang dipergunakan untuk menyatakan kerataan/kehalusan serta kekokohan permukaan jalan yang berhubungan dengan tingkat pelayanan bagi lalu-lintas yang lewat. Beberapa nilai IP beserta artinya tersebut dibawah ini :

1. IP = 2,0 adalah tingkat pelayanan terdah bagi jalan yang masih mantap.
2. IP = 2,5 menyatakan permukaan jalan yang masih cukup stabil dan baik.

Dalam menentukan IP pada akhir umur rencana (IPT) perlu dipertimbangkan faktor-faktor klasifikasi jalan dan jumlah lalu-lintas, AASHTO menetapkan dua besaran angka seperti tersebut diatas.

3. IP = 4,0 menyatakan kondisi permukaan jalan yang stabil dan baik pada awal umur rencana, AASHTO hanya mengambil satu besaran angka untuk perkerasan tegar.

Δ PSI adalah selisih antara IPo dan IPT

6.3.6 Deviasi atau simpangan (Z_R)

Besarnya nilai simpangan berkaitan dengan tingkat keyakinan (R) akan prediksi kinerja perkerasan akibat umur rencana dan jumlah lintasan pada perkerasan tersebut. Nilai R mengecil maka nilai Z_R akan membesar dan sebaliknya seperti pada tabel 6.2 berikut :

Tabel 6.2 Hubungan tingkat keyakinan (R) dan simpangan (Z_R)

R (%)	50	60	70	75	80	85	90	91
Z_R	-0,000	-0,253	-0,524	-0,674	-0,841	-1,037	-1,282	-1,34

R (%)	92	93	94	95	96	97	98	99	99,99
Z_R	-1,405	-1,476	-1,555	-1,645	-1,751	-1,881	-2,054	-2,327	-3,750

Sumber : AASHTO 1986

Nilai R (tingkat keyakinan) yang dianjurkan seperti tabel 6.3 berikut :

Tabel 6.3 : Nilai R

Fungsi Jalan	Nilai R	
	Urban	Rural
Jalan Nasional/Tol	85 – 99,9	80 – 99,9
Jalan Propinsi	80 – 99	75 – 95
Jalan Kolektor	80 – 95	75 – 95
Jalan Lokal	50 – 80	50 – 80

Sumber : AASHTO 1986

6.3.7 Gabungan Kesalahan Prediksi Lalu-Lintas dan Tanah Dasar (S_o)

Nilai S_o menurut AASHTO 1986 :

1. Prediksi lalu-lintas dipertimbangkan maka $S_o = 0,44$
2. Prediksi lalu-lintas tidak dipertimbangkan maka $S_o = 0,49$

3. Nilai S_o berkisar antara 0,40 – 0,50

6.3.8 Koefisien Drainasi (Cd)

1. Kondisi drainasi dapat dilihat pada tabel 6.4 dibawah :

Tabel 6.4 Nilai Cd

Kondisi Drainasi	Sangat baik	Baik	Cukup	Tidak baik	Sangat tidak baik
Air pergi dalam waktu	2 jam	1 hari	1 minggu	1 bulan	Tidak dapat mengalir

Sumber : AASHTO 1986

2. Nilai Cd berdasarkan kondisi drainasi yang dipilih berdasarkan tabel diatas dapat ditentukan dengan melihat tabel 6.5 dibawah ini :

Tabel 6.5 Nilai Cd

Kondisi Drainasi	% waktu perkerasan terendam air sampai kondisi jenuh air			
	< 1 %	1 – 5%	5 – 25%	>25%
Sangat baik	1,20 – 1,25	1,15 – 1,20	1,10 – 1,15	1,10
Baik	1,15 – 1,20	1,10 – 1,15	1,00 – 1,10	1,00
Cukup	1,10 – 1,15	1,00 – 1,10	0,90 – 1,00	0,90
Tidak baik	1,00 – 1,10	0,90 – 1,00	0,80 – 0,90	0,80
Sangat tidak baik	0,90 – 1,00	0,80 – 0,90	0,70 – 0,80	0,70

Sumber : AASHTO 1986

6.3.9 “Modulus of Nepture” Beton (Sc')

Nilai “Modulus of Nepture” Beton berdasarkan AASHTO 1986 adalah 500 –1200 dalam satuan psi, dipakai harga “Modulus of Nepture” Beton $Sc' = 780$ psi.

6.3.10 Koefisien Transfer Beban (J)

Nilai Koefisien transfer beban berdasarkan AASHTO 1986 adalah 2,2 – 4,3 tanpa satuan, bila ujung tak bebas maka nilai $J = 3,2$.

6.3.11 Modulus Elastisitas Beton (Ec)

Nilai modulus elastisitas beton menunjukkan kekakuan beton, nilainya berbeda-beda tidak hanya tergantung dari kekuatan tapi juga dari umur, keadaan

Dengan menggunakan cara trial : Variabel-variabel diatas dimasukkan dalam

rumus :

$$\text{Log } W_{18} = 7,35 \cdot \text{Log } (D + 1) - 0,06 + \frac{\text{Log} \left[\frac{\Delta \text{PSI}}{4,5 - 1,5} \right]}{1 + \frac{1,624 \cdot 10^7}{(D + 1)^{8,46}}}$$

$$+ (4,22 - 0,32 \cdot \text{Pt}) \cdot \log \left[\frac{\text{Sc}^2 \cdot \text{Cd} \cdot (D^{3/4} - 1,132)}{215,63 \cdot \text{J} \cdot (D^{3/4} - \frac{18,42}{(\text{Ec}/\text{K})^{0,25}})} \right]$$

$$+ Z_R \cdot S_o$$

$$7,97 = 7,35 \cdot \text{Log } (D + 1) - 0,06 + \frac{0,3}{1 + \frac{1,624 \cdot 10^7}{(D + 1)^{8,46}}}$$

$$+ 4,3 \cdot \log \left[\frac{780 \cdot (D^{3/4} - 1,132)}{690,016 \cdot (D^{3/4} - 2,4776)} \right] - 0,52 \dots (6.1)$$

Coba , D = 12 " hasilnya : 7,76 = 7,3

$$D = 13,6 \text{ " } \quad 7,76 = 7,74$$

$$D = 13,7 \text{ " } \quad 7,76 = 7,762$$

$$D = 14 \text{ " } \quad 7,97 = 7,92$$

Dari hasil trial di atas didapat tebal plat beton perkerasan $D = 14$ inci
 $= 36 \text{ cm}$

2. Untuk jalan Arteri :

LHR pada awal tahun rencana perkerasan (tahun dibukanya jalan tol) :

$$\text{LHR } 1990 = 45.810 \text{ kend / hari}$$

Perhitungan tebal perkerasan didasarkan pada satu lajur rencana yang dianggap akan menampung lalu lintas terberat.

$$\text{LHR } 1990 - 1 \text{ arah} = 22.905 \text{ kend / hari}$$

$$1. \text{ Kend berat} = 15 \% \cdot 22.905 \text{ kend / hari}$$

$$= 3.436 \text{ kend / hari}$$

$$2. \text{ Kend ringan} = 48 \% \cdot 22.905 \text{ kend / hari}$$

$$= 10.995 \text{ kend / hari}$$

$$\text{LHR } 2010 = 74.191 \text{ kend / hari}$$

$$\text{LHR } 2010 - 1 \text{ arah} = 37.095 \text{ kend / hari}$$

$$1. \text{ Kend berat} = 15 \% \cdot 37.095$$

$$= 5.565 \text{ kend / hari}$$

$$2. \text{ Kend ringan} = 48 \% \cdot 37.095$$

$$= 17.806 \text{ kend / hari}$$

Menentukan E :

$$\text{kendaraan berat} = 1,0648$$

$$\text{kendaraan ringan} = 0,0004$$

Lalu lintas dalam jangka waktu 20 tahun = $1/2$ (awal + akhir)

1. Kendaraan berat = $1/2$ (3.436 + 5.565) = 4500 kend / hari

2. Kendaraan ringan = $1/2$ (10.995 + 17.806) = 14400 kend / hari

Lalu lintas yang dinyatakan dalam 18 kips SAL (W_{18})

$$W_{18} = (4500 + 0,0004) + (14.400 \cdot 1,0648) = 15334,92 \text{ SAL}$$

Jumlah total W_{18} sampai akhir umur rencana (20 tahun)

$$W_{18} = 15334,92 \cdot 20 \cdot 365 = 111,944916 \cdot 10^6 \text{ SAL}$$

$$\text{Log } W_{18} = 8,05$$

Δ Psi = perbedaan antara P_o dan P_t

P_o = untuk rigid pavement AASHTO diambil = 4

P_t = untuk jalan major highway = 2,5

$$\Delta \text{ Psi} = 4 - 2,5 = 1,5$$

Sc' = Modulus of rupture beton (psi) besarnya ditentukan 780 psi

C_d = koefisien drainasi, diambil dari tabel 6.5, dengan kondisi drainasi

sangat baik dan persentase waktu terendam air < 1 %

Didapat $C_d = 1,2$ (tanpa satuan)

J = Koefisien penyaluran beban (Load transfer koefisien)

dengan anggapan ujung plat beton tidak bebas didapat $J = 3,2$ (

tanpa satuan)

E_c = Modulus elastisitas beton (psi)

Digunakan deton dengan $f_c' = 30$ Mpa, maka didapat

$$E_c = 4700 (f_c')^{0,5}$$

$$E_c = 3,07.10^5 \text{ psi}$$

K = Modulus reaksi tanah (Psi)

Dari CBR tanah didapat nilai $K = 100$

Z_R = Simpangan

Dari tabel 6.2 dan 6.3 dengan mengambil nilai $R = 85\%$ (dalam memprediksi lalu lintas dan umur rencana) didapat $Z_R = - 1,037$

S_o = gabungan kesalahan untuk prediksi lalu lintas dan prediksi kinerja lapis keras

$S_o = 0,44$ (prediksi lalu lintas dipertimbangkan)

Dengan menggunakan cara trial : Variabel-variabel diatas dimasukkan dalam

rumus :

$$\begin{aligned} \text{Log } W_{18} = & 7,35 \cdot \text{Log } (D + 1) - 0,06 + \frac{\text{Log} \left[\frac{\Delta \text{PSI}}{4,5 - 1,5} \right]}{1 + \frac{1,624 \cdot 10^7}{(D + 1)^{8,46}}} \\ & + (4,22 - 0,32 \cdot \text{Pt}) \cdot \log \left[\frac{\text{Sc}^2 \cdot \text{Cd} \cdot (D^{3/4} - 1,132)}{215,63 \cdot \text{J} \cdot (D^{3/4} - \frac{18,42}{(\text{Ec}/\text{K})^{0,25}})} \right] \\ & + Z_R \cdot \text{So} \\ 8,05 = & 7,35 \cdot \text{Log } (D + 1) - 0,06 + \frac{0,3}{1 + \frac{1,624 \cdot 10^7}{(D + 1)^{8,46}}} \\ & + 4,3 \cdot \log \left[\frac{780 \cdot (D^{3/4} - 1,132)}{690,016 \cdot (D^{3/4} - 2,4776)} \right] - 0,52 \dots (6.1) \end{aligned}$$

Coba , D = 12 " hasilnya : 7,76 = 7,3

$$D = 13,6 \text{ " } \quad 7,76 = 7,74$$

$$D = 13,7 \text{ " } \quad 7,76 = 7,762$$

$$D = 14,2 \text{ " } \quad 8,05 = 8,10$$

Dari hasil trial di atas didapat tebal plat beton perkerasan $D = 14$ inci
 $= 36$ cm

6.5 Penulangan Slab Beton

Penulangan slab beton perkerasan ini tidak sebagai penahan beban tetapi sebagai penahan bergesernya slab jika terjadi retakan.

Perhitungan penulangan :

F_s = tegangan kerja pada baja tulangan (psi) ; AASHTO Interim Guide menyarankan tegangan kerja yang berkisar antara 30.000 – 45.000 psi , tergantung pada jenis dan mutu baja.

Dipakai baja dengan $f_s = 45.000$ psi

w = Berat slab tiap meter persegi luas (pound)

diperkirakan beratnya 125 pound

$L = L_x = L_y$ = Panjang slab antar sambungan (feet)

$L_x = 15$; $L_y = 40$

A_s = Luas potongan melintang baja tiap 1 feet lebar dalam inci persegi

f = koefisien gesek antara slab dan tanah dasar juga disebut koefisien perlawanan tanah dasar yang besarnya berkisar antara 1 dan 2, dan Interim Guide menyarankan nilai sebesar 1,5

$$\text{Tulangan memanjang } A_s = \frac{w. f. L_y}{2. f_s} \dots\dots\dots(6.2)$$

$$A_s = \frac{125.1,5.40}{2. 45000}$$

$$A_s = 0,08 \text{ in}^2 / \text{ feet panjang}$$

$$\text{Tulangan melintang } A_s = \frac{w. f. L_y}{2. f_s} \dots\dots\dots(6.3)$$

$$A_s = \frac{125.1,5.15}{2. 45000}$$

$$A_s = 0,03 \text{ in}^2 / \text{ feet panjang}$$

6.6 Tebal Lapis Pondasi

Pondasi untuk perkerasan tegar ini diambil tebal 4 in (10 cm) tanpa melalui perhitungan karena dianggap pondasi hanya sebagai pencegah "Pumping" bukan sebagai bagian dari perkerasan. "Pumping" adalah keluarnya air dan partikel – partikel tanah dasar melalui sambungan dan retakan di sepanjang tepi perkerasan beton.

6.7 Bahan dan Pelaksanaan Pekerjaan

Pelaksanaan pekerjaan yang baik tergantung mutu bahan yang digunakan, teknik pelaksanaan konstruksi yang diterapkan, pengendalian mutu bahan sesuai dengan spesifikasi, keahlian yang tinggi dari operator dan pelaksana serta pengawasan yang ketat.

6.7.1 Tanah Dasar

Tanah dasar adalah permukaan tanah asli, permukaan tanah galian atau bisa juga permukaan tanah timbunan yang dipadatkan sebagai dasar perletakan bagian perkerasan. Bagian-bagian perkerasan itu secara keseluruhan disebut perkerasan atau Pavement, dibuat untuk dapat memberikan layanan bagi kendaraan secara aman dan nyaman di segala cuaca, selama umur rencana jalan.

6.7.1.1 Pengelupasan lapisan humus (“ Stripping “)

Pengelupasan lapisan humus adalah pekerjaan membuang dan mengikis tanah humus atau “top soil” pada lokasi rencana jalan, sebelum suatu konstruksi diletakkan atau sebelum diadakan penimbunan tanah untuk subgrade berupa tanah timbunan. Pembuangan lapisan humus ini untuk mencegah menurunnya badan jalan bila langsung ditimbun, selain itu untuk mencegah tumbuhnya tanaman pada tanah dasar didaerah badan jalan. Pengelupasan tanah humus dilakukan sedalam 10 – 30 cm.

Supaya bekas tanah pengelupasan tidak terisi air hujan akibat naiknya air tanah yang tinggi, maka pengelupasan tanah harus secepatnya ditimbun dengan tanah sesuai persyaratan sebagai tanah timbunan. Menggunakan alat “Bulldozer” untuk mengelupas lapisan tanah, pengangkutan tanah keatas truk menggunakan “Loader” dan dibuang ke tempat pembuangan menggunakan truk.

6.7.1.2 Penimbunan untuk tanah dasar

Tanah yang akan digunakan menimbun harus diperiksa sesuai persyaratan bahan timbunan tanah dasar, setelah itu dilakukan percobaan pemadatan guna menentukan prosedur pemadatan terbaik, pemilihan alat-alat pemadat secara

efisien, tebal lapisan tanah, kadar air optimum pada saat pemadatan dan jumlah lintasan untuk mencapai kepadatan yang disyaratkan.

Pengangkutan tanah timbunan menggunakan "Dump Truck" menuju lokasi yang akan ditimbun, dituangkan berupa gundukan – gundukan tanah pada jarak tertentu. Tumpukan tanah diratakan dalam keadaan lepas ("loose") setebal 30 cm, menggunakan "Bulldozer" dan "Motor Grader", selanjutnya tanah dipadatkan menggunakan "Vibratory Roller" 8 – 12 lintasan sampai kepadatan sesuai spesifikasi, agar selama pemadatan keadaan air optimum seperti pada pemadatan di laboratorium, maka pada keadaan tanah kering dilakukan penyiraman menggunakan truk tangki air, sebaliknya bila tanah terlalu basah pengeringan tanah dilakukan dengan mengaduk-aduk di udara, terkena matahari dan angin, kemudian dipadatkan lagi.

Pemadatan tanah timbunan ini dilakukan per lapisan padat, dengan tebal tiap lapisan padat kira-kira 20 cm. Pemadatan dilakukan sampai permukaan rata, setelah itu dilakukan "Sand Cone Test" untuk mengetahui kepadatan lapisan harus sesuai dengan AASHTO T.19. Lapisan yang lebih dalam dari 30 cm dibawah elevasi tanah dasar harus dipadatkan sampai 90 % kepadatan kering maksimum yang ditetapkan sesuai dengan AASHTO T. 99. Apabila belum mencapai hasil sesuai dengan spesifikasi, maka tanah yang telah dipadatkan harus dibongkar dilakukan perbaikan

Untuk mengetahui apakah kepadatan sudah sesuai maka dilakukan lagi test kepadatan jika sudah sesuai maka dimulai penghamparan lapisan berikutnya. Timbunan dipadatkan lapis demi lapis, pada kedalaman 30 cm atau kurang dari elevasi, tanah dasar harus dipadatkan 100 % dari kepadatan tanah kering

maksimum mengikuti AASHTO T. 99. Tanah dasar yang sudah selesai dikerjakan perlu dijaga agar tidak mengering, pecah-pecah dan kemungkinan terjadi kerusakan.

6.7.2 Lapisan Pondasi

Bahan yang digunakan untuk pondasi harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

1. Bagian yang tertahan saringan no.8 , harus mempunyai nilai keausan maksimum 50 % (AASHTO T. 960), bila diperiksa dengan Los Angeles Abrasion Test.
2. Bagian yang hancur, waktu diberi air dan dikeringkan tidak boleh digunakan, BINA MARGA mensyaratkan maksimum 5 %.
3. Gradasi bahan pondasi harus terletak dalam toleransi antara berikut :
(lihat tabel 6.6).

Tabel 6.6 Persyaratan gradasi untuk pondasi (AASHTO M. 147)

ASTM standar sieve	Persen berat yang lolos (%)
3"	100
1,5"	60 - 90
1"	46 - 78
3/4"	40 - 70
3/8"	24 - 56
No.4 (4,76 mm)	13 - 45
No.8 (2,38 mm)	6 - 36
No.30 (0,595 mm)	2 - 22
No.40 (0,476 mm)	2 - 18
No.200 (0,074 mm)	0 - 10

Sumber : AASHTO 1986

4. Persentase yang lolos saringan No. 200, harus tidak melebihi $\frac{2}{3}$ dari persentase yang lolos saringan No. 40.

Pelaksanaan pekerjaan pondasi adalah sebagai berikut :

1. Setelah subgrade selesai, maka pondasi telah siap untuk dihamparkan.
2. Penghamparan agregat, tebal pondasi yang direncanakan setebal 10 cm (4 inci).
3. Pemberian air dan pemadatan, waktu pemadatan harus diperiksa kadar airnya (harus memenuhi persyaratan percobaan proktor di laboratorium, yaitu kadar air optimum). Bila kadar air lebih besar maka bahan tersebut harus dikeringkan atau kadar air kurang maka bahan tersebut ditambah kadar airnya, sebelum dilakukan pemadatan. Kadar air harus merata dengan lebih diaduk dengan menggunakan "Motor Grader". Setelah kadar air mencukupi, hamparan agregat dibentuk dengan baik menggunakan alat grader atau agregat spreader, dan langsung dipadatkan dengan alat pemadat yang sesuai ("Vibrator roller", "Three wheel", "Tandem roller", "Pneumatic tire roller"). Kepadatan yang dicapai harus 100% dari kepadatan kering maksimum mengikuti AASHTO T.99.

Pelaksanaan penggilasan harus dimulai dari sisi luar perkerasan menuju ke tengah, sejajar dengan as jalan, menuju ke bagian lebih yang tinggi. Bila pemadatan pondasi telah selesai, perbedaan tinggi tidak boleh melebihi 1,5 cm di atas atau di bawah "grade" yang telah ditetapkan, pada setiap titik. Pondasi yang tidak memenuhi persyaratan harus diolah kembali sampai memenuhi persyaratan.

6.7.3 Slab Beton

Pemilihan material dasar untuk slab beton yang meliputi semen, agregat dan air harus teliti, agar mendapatkan beton yang baik. Selain itu dalam pelaksanaan campuran harus dilakukan pengawasan yang ketat agar hasilnya didapat yang sesuai dengan yang diharapkan. Bahan dan persyaratan untuk campuran beton pada perkerasan tegar adalah sebagai berikut :

1. Jenis semen yang dipakai dalam perkerasan beton adalah "Portland Cement" biasa. Semen ini mempunyai kemampuan ikatan dan pengerasan tingkat medium, banyak dipakai pada proyek-proyek jalan raya.
2. Agregat kasar dan agregat halus, syarat-syarat umum adalah sebagai berikut :

Agregat mineral membentuk kira-kira 75% dari volume atau secara kasar 80% berat beton perkerasan jalan normal. Jika perkerasan jalan harus kuat, sempurna dan tahan lama maka agregat harus lolos pengujian-pengujian yang sesuai untuk kekuatan, kesempurnaan, pemakaian atau kombinasi dari ketiganya.

3. Spesifikasi agregat halus

Kebutuhan umum agregat halus terdiri dari pasir alami atau dapat pula digunakan bahan-bahan mineral lain atau bahan-bahan yang mempunyai karakteristik serupa atau kombinasi partikel-partikel yang kuat dan tahan lama.

4. Spesifikasi agregat kasar

Kebutuhan umum agregat kasar terdiri dari batu hancur, batu kerikil atau bahan lain dengan karakteristik serupa dan memiliki kekerasan, kekuatan, bebas potongan serta bersih dari kotoran yang menempel. Agregat yang digunakan pada perkerasan berkisar antara 1 – 1,5 inci, sedang untuk agregat yang lebih kecil digunakan pada jalan dengan lalu lintas yang berat. Agregat harus lolos pada saringan 3/16". Ukuran maksimum agregat kasar beton perkerasan adalah 2,5 inci.

3. Air

Air harus bebas dari bahan yang bersifat asam, basa dan minyak. Air yang mengandung tumbuh-tumbuhan yang membusuk harus dihindari karena dapat mengganggu ikatan semen. Umumnya air memenuhi persyaratan untuk minum juga memenuhi persyaratan untuk campuran beton kecuali air terlalu banyak mengandung sulfat.

4. Beton

Pada beton, sifat kemudahan pengerjaan ("workability") adalah sifat yang menentukan untuk menghasilkan beton dalam keadaan padat, tidak berpori ("full compaction"), merupakan sifat terpenting dalam keadaan plastis. Sifat kemudahan dalam pengerjaan dapat diukur baik dengan "compacting faktor test" maupun dengan "slump test". Meski tingkat kemudahan dalam pengerjaan meningkat pada keadaan kandungan air dan ukuran maksimum agregat meningkat, namun kekuatan beton menjadi berkurang.

Beton yang mempunyai nilai faktor pemadatan ("compacting factor") antara 0,85 dan 0,90 biasanya memberikan hasil yang baik, tergantung

pada kondisi cuaca. Faktor pemadatan yang lebih tinggi digunakan pada kasus cuaca yang basah dan kering.

Pencampuran secara merata pada beton adalah penting untuk mendapatkan campuran yang sama, sehingga tidak terjadi pemisahan (“segregasi”). Pemisahan terjadi jika beberapa unsur-unsur pokok cenderung untuk memisahkan diri dari massa utama. Secara umum pemisahan menunjukkan mutu agregat yang tidak baik, atau kandungan air yang tidak memenuhi syarat atau teknik pelaksanaan yang salah.

Untuk itu perlu pengendalian mutu dan pelaksanaan yang baik.

Pelaksanaan pekerjaan perkerasan beton :

1. Beton perkerasan yang digunakan adalah beton yang siap pakai (“ready mix”) hasil produksi dari pabrik pusat pengolahan beton.
2. Pengangkutan beton siap pakai dari pusat pengolahan beton ke lokasi proyek dilakukan menggunakan truk pengangkut beton (truk molen).
3. Penghamparan adukan beton dengan penghamparan geser (“slip form paver”) menggunakan mesin penghampar (“spreader”), yang dilengkapi dengan corong untuk menampung campuran beton yang ditumpahkan dari kendaraan pengangkutnya. Dilengkapi juga dengan penggetar atau vibrator, bentuknya bisa berupa rangkaian beberapa tongkat penggetar yang dibenamkan ke dalam beton atau tabung penggetar horizontal. Fungsi dari penggetar ini sebagai pemadat adukan beton. Penggerak dibelakang penggetar adalah sisi perata yang bersilasi tegak lurus terhadap arah gerakan kendaraan.

Alat ini mengisi dan mengikis permukaan beton hingga mencapai elevasi akhir yang ditentukan.

4. Penghalusan permukaan beton. Setelah mesin penghampar dan mesin perata lewat setiap bagian permukaan yang masih menonjol atau tekuk dihaluskan dengan "diagonal float" atau pipa penghalus ("tube finisher"). Tahapan ini dilakukan guna memenuhi persyaratan kehalusan permukaan perkerasan beton .
5. Pemeriksaan terhadap kehalusan dan kerapatan perkerasan beton .
Alat yang digunakan adalah mistar panjang yang ditempatkan pada posisi sejajar sumbu jalan, mistar ini digeser maju sepanjang setengah dari panjang mistar, disepanjang jalan tersebut. Ukuran mistar panjang 10 feet dengan batas variasi kurang dari 1/8 inci. Mistar ini digantungkan pegangannya, sehingga memudahkan pengamatannya pada beton yang masih lunak. Pengamatan pertama dilakukan pada saat beton masih dalam keadaan plastis, bagian permukaan yang masih cekung ditutup lagi dengan beton yang baru, yang menonjol diratakan kemudian dihaluskan lagi. Pemeriksaan kedua dilakukan setelah beton mengering , umumnya dilakukan pada hari berikutnya. Pada saat itu yang boleh dilakukan adalah perbaikan-perbaikan yang kecil.

6.7.4. Baja Tulangan

Baja tulangan atau pasak penahan geser atau pengalih beban yang dipakai pada slab beton harus mempunyai sifat deformasi yang sesuai untuk mendapatkan

tegangan yang diinginkan. Pada beberapa keadaan khusus diperlukan tulangan dengan kualitas tinggi.

Pelaksanaan pemasangan baja tulangan pasak penahan geser, digunakan ada 2 cara pemasangan yaitu :

1. Pemasangan tulangan sebelum penghamparan adukan beton dengan memasang anyaman baja tulangan secara kuat di atas dudukan khusus.
2. Pemasangan tulangan setelah penghamparan yang menggunakan mesin pemasang baja tulangan (“reinforcing steel placer and depressor”). Pasak penahan geser atau penahan beban dipasang secara kaku pada baja tulangan terlebih dahulu, rangkaian pasak ini kemudian diikatkan pada sebuah dudukan yang ditancapkan ke dalam lapisan pondasi. Pemasangan pasak-pasak ini memerlukan ketelitian tinggi agar penempatannya tepat pada penjajaran alinyemen yang direncanakan.

6.7.5 Material Pengisi Sambungan

Ada dua jenis material pengisi sambungan yang dipakai pada saat ini :

1. Bahan pengisi berbentuk cairan, yang mengandung bahan aspal, serbuk karet hasil pemanasan dari polimer. Bahan-bahan ini dituangkan dalam keadaan cair pada sambungan dan dibiarkan sampai mengeras.
2. Bahan pengisi “Elastomer”, bahan ini terdiri dari “neoprene” yang telah dibentuk sebelumnya sesuai dengan ukuran standar sambungan yang akan digunakan. Dalam kaitan dengan seberapa jauh gerakan yang diizinkan berlaku pada sambungan, maka sebelumnya harus ditentukan ukuran ke dalam pemasangan “neoprene”.

6.8 Pembahasan

Perkerasan sebagai pemikul beban lalu-lintas yang melewati harus memenuhi persyaratan struktural yaitu kekuatan perkerasan dan persyaratan lalu-lintas yaitu kenyamanan dan keamanan bagi lalu-lintas yang melewatinya.

Menurut bahan yang digunakan ada 2 jenis perkerasan yaitu :

1. Perkerasan lentur

Sebagai kekuatan dalam perkerasan lentur adalah pondasi dan bitumen sebagai lapis permukaan. Jenis ini banyak digunakan di Indonesia karena biaya konstruksi lebih murah.

2. Perkerasan Kaku

Sebagai kekuatan dalam perkerasan kaku adalah lapis slab beton. Jenis ini kurang banyak dipakai karena biaya relatif mahal.

Perancangan perkerasan untuk jalan Tol Cawang – Grogol digunakan perkerasan lentur. Sebagai evaluasi dirancang memakai perkerasan kaku. Metode penentuan tebal perkerasan digunakan AASHTO 1986, dengan menentukan besaran rencana yang memengaruhinya. Dari perhitungan didapat tebal slab beton yang digunakan adalah 36 cm.

Dalam perhitungan, perkerasannya bekerja sebagai pelat sehingga penulangan dalam slab beton ini bukan sebagai pemikul beban tetapi hanya sebagai penahan geser antar pelat jika terjadi retakan. Lapis pondasi pada perkerasan tidak dihitung sebagai bagian perkerasan, tetapi hanya difungsikan untuk memperkecil pengaruh-pengaruh tanah dasar misalnya rembesan air tanah. Untuk pengendalian retakan pada slab beton, maka penghamparan perkerasan di jalan dengan diberi potongan membentuk perkerasan menjadi pelat-pelat.

Potongan hanya berupa takikan sedalam $1/6$ sampai $1/4$ dari tebal slab. Supaya kenyamanan penggunaan jalan tidak berkurang dan takikan tidak terisi oleh air maka dipasang pengisi sambungan atau lebih tepatnya takikan dengan bahan neoprene.

Pada perkerasan lentur terdiri dari surface course, base course, subbase course dan subgrade. Pada perkerasan lentur tingkat kenyamanannya lebih baik, gesekan ("skid resistance") rendah, material sering lepas , defleksi besar, biaya pemeliharaan besar walaupun biaya pembangunan kecil, pemeliharaan sulit, tidak tahan lama. Di Indonesia masalah pemeliharaan kurang diperhatikan, sehingga penggunaan perkerasan kaku lebih cocok.

Pada perkerasan kaku, permukaan perkerasan memberikan gesekan yang tinggi, biaya pemeliharaan lebih rendah, daya tahan lebih lama, mampu mengatasi pengaruh lingkungan (kembang susut, penurunan tanah, cuaca), menghemat penggunaan batuan. Perkerasan kaku cukup memberikan keamanan, karena keratan perkerasan lebih baik, permukaan bersih dari material yang lepas seperti yang sering terjadi pada perkerasan lentur, memberikan gesekan yang cukup dalam memberikan jarak henti. Pada perkerasan kaku tingkat kenyamanannya kurang bila dibanding dengan perkerasan lentur, tetapi untuk menambah tingkat kenyamanan perkerasan kaku ini di atasnya bisa ditambahkan selapis aspal beton, tapi lapisan ini tidak difungsikan menahan beban lalu-lintas sehingga tidak perlu dihitung tebal aspal betonnya. Aspal beton ini untuk lebih menambah tingkat kenyamanan jalan karena jika dibanding jalan dengan jalan perkerasan lentur maka tingkat kenyamanan perkerasan kaku lebih kecil.

BAB VII

RAMBU DAN MARKA JALAN

7.1 Umum

Perangkat kontrol lalu-lintas merupakan suatu bagian yang penting dan dibutuhkan bagi sistim jaringan jalan, karena mempunyai fungsi untuk mengatur, memberi petunjuk, mengarahkan dan memberi peringatan kepada pemakai jalan sehingga pergerakan di jalan raya akan aman, nyaman dan efisien. Perangkat kontrol lalu-lintas ini terdiri dari :

1. Lampu pengatur lalu-lintas
2. Marka lalu-lintas
3. Rambu lalu-lintas

Agar efektifitas yang tinggi tercapai, maka dalam pemakaiannya harus diperhatikan beberapa pertimbangan dibawah ini :

1. Perancangan harus baik, seperti ukuran, warna dan bentuk, sehingga pesan yang disampaikan mudah dilihat dan dimengerti.
2. Penempatannya harus berada dalam sudut pandang pemakaian jalan, agar setelah dilihat dapat segera memberikan reaksi.
3. Pemeliharaan harus dilakukan secara kontinu sehingga kerusakan dapat segera diatasi.
4. Harus ada keseragaman agar tidak membingungkan pemakai jalan.

7.2 Lampu Pengatur Lalu-lintas

Lampu pengatur lalu-lintas dapat diartikan sebagai alat pengatur yang memberikan alternatif secara langsung bagi lalu-lintas untuk berhenti atau

berjalan. Sistem dari lampu pengatur lalu-lintas ini dapat diklasifikasikan dalam 2 macam, yaitu :

Sistem Isolasi

Operasi dari lampu pengatur, yang dipasang pada suatu persimpangan, tidak terpengaruh oleh pengoperasian alat pengontrol lain yang berada dipersimpangan lain pada suatu ruas jalan atau jaringan jalan.

Sistem Jaringan

Pengoperasian lampu lalu-lintas dilakukan secara dilakukan secara terkordinasi pada suatu ruas jalan atau jaringan jalan.

Lampu pengatur lalu-lintas terdiri dari 3 macam lampu indikasi, yaitu hijau (jalan kalau mungkin), kuning (stop kalau mungkin) dan merah (berhenti). Sedangkan urutan menyalanya adalah hijau – kuning – merah – hijau.

Pola pengaturan lampu lalu-lintas ada 2 macam , yaitu :

1. Pola tetap (“Fixed Time”, “Pretimed Signal”) :

Pola pengaturan ditentukan berdasarkan data yang ada dan berlaku terus.

2. Pola tidak tetap :

Pola pengaturan ditentukan berdasarkan volume lalu-lintas yang sebenarnya. Jadi pola pengaturannya tidak tetap, tergantung dari volume lalu-lintas.

Pada persimpangan Grogol, sistem yang dipakai adalah sistem isolasi dan pola pengaturannya adalah tetap. Lokasi penempatan dapat dilihat pada lampiran 4.

Pemakaian lampu lalu lintas pada persimpangan sebidang, seperti halnya persimpangan Grogol, mempunyai tujuan untuk mengatur pergerakan lalu lintas

dan pejalan kaki agar dapat menggunakan persimpangan secara bergiliran sehingga kelambatan yang terjadi di persimpangan dapat diminimumkan dengan faktor keamanan yang tetap terjamin yaitu kecelakaan dapat dikurangi karena konflik yang terjadi sedapat mungkin dihindari.

Kelambatan waktu yang pasti terjadi di persimpangan yang menggunakan lampu pengatur lalu lintas dapat diminimumkan atau dikurangi dengan mengatur dan menghitung secara cermat mengenai pola waktu menyala ("signal timing"). Perhitungannya harus menggunakan metoda yang tepat dan baik. Pada tulisan ini metoda yang akan dipakai adalah Metoda Webster.

7.3 Perancangan Signal Timing

Untuk perancangan signal timing perlu diperhatikan beberapa faktor-faktor, yaitu :

7.3.1 Panjang Siklus

Panjang siklus adalah jumlah waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu urutan pola pengaturan yang lengkap. Untuk siklus yang pendek, prosentase waktu yang hilang akan tinggi sekali sebab kesempatan untuk melalui persimpangan kecil sekali. Sedangkan untuk siklus yang terlalu panjang, hambatan untuk kendaraan yang menunggu bertambah dan juga akan timbul kebosanan bagi pengendara yang sedang menunggu. Kedua hal diatas dapat menyebabkan efektifitas dari lampu lalu-lintas bisa hilang, maka pada perancangannya harus dicari panjang siklus yang optimum. Panjang siklus yang optimum bisa diperoleh melalui persamaan sebagai berikut :

$$C_0 = \frac{1,5 \cdot L + 5}{1 - y_1 - y_2 - \dots - y_n} \dots\dots\dots(7.1)$$

Dengan :

C_o = panjang siklus optimum dalam detik

L = total kehilangan waktu persiklus, yaitu jumlah dari all red dan kehilangan waktu pada periode hijau, dalam detik

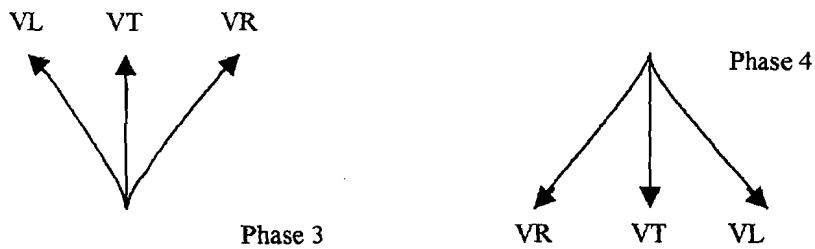
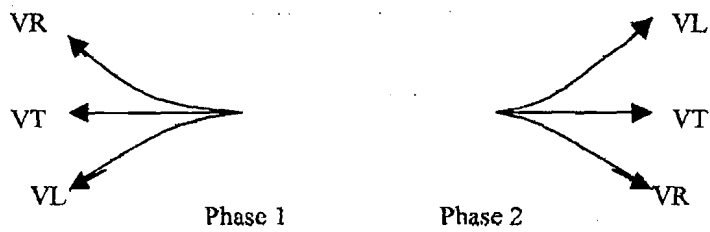
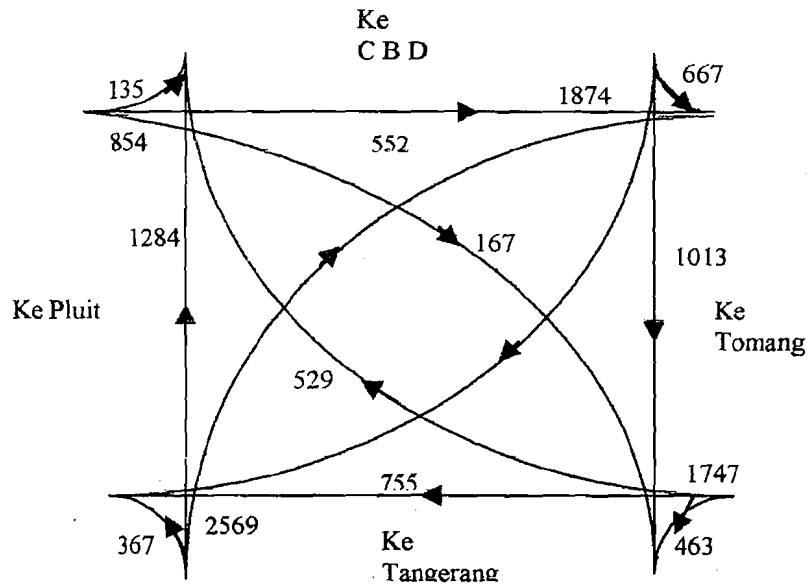
y = perbandingan antara volume yang dilayani dan arus jenuh pada setiap fase

Pada perancangan Simpang Grogol, panjang siklus telah ditetapkan sebesar 120 detik yang didasarkan pada volume lalu-lintas yang besar dan panjang lintasan yang tersedia, selain itu menurut pengamatan dan pengalaman bahwa biasanya pengendara akan merasa bosan bila menunggu lebih dari 120 detik.

7.3.2 Fase ("Phase")

Fase adalah suatu kelompok pengaturan didalam satu siklus yang diberikan pada satu arus atau lebih secara tersendiri. Jumlah fase pada persimpangan diusahakan sesedikit mungkin dan minimum adalah 2 fase, sebab bila fasenya terlalu banyak akan mengakibatkan timbulnya hambatan yang tak berguna yang tentunya kelambatan waktu akan bertambah.

Pada persimpangan Grogol direncanakan jumlah fase adalah 4 fase. Hal ini disebabkan pada pertimbangan konflik yang terjadi dipersimpangan dan diharapkan konflik yang terjadi tidak ada. Mengenai fase dan volume lalu lintas di persimpangan dapat dilihat pada gambar 7.1



Gambar 7.1 Volume Lalu lintas dan Fase di Persimpangan Sebidang

7.3.3 Arus Jenuh

Volume lalu lintas maksimum yang mungkin lewat pada kaki persimpangan ("Possible Capacity") bergantung pada lebar jalur dan fungsi jalur tersebut. Besarnya yang digunakan untuk perancangan adalah sebagai berikut :

Tabel 7.1 Daftar besar possible capacity

	Possible Capacity (pcu/green hour)
- jalur terus	2250
- jalur belok	2000

7.3.4 "Integrated Congestion Ratio"

"Integrated Congestion Ratio" adalah perbandingan antara volume lalu lintas pada kaki persimpangan dengan "possible capacity"-nya. Perbandingan ini menunjukkan besarnya prosentase lamanya waktu hijau ditambah kuning pada masing-masing fase.

7.3.5 Kelambatan rata-rata kendaraan

Kelambatan waktu ("Delay") di persimpangan sebidang diharapkan akan berkurang dengan adanya lampu pengatur lalu lintas. Besarnya kelambatan ini tergantung dari panjang siklus, waktu hijau efektif, arus jenuh dan volume lalu lintas di kaki persimpangan. Perhitungan kelambatan dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan Webster sebagai berikut :

$$d = \left[C \cdot f_1 + \frac{f_2}{q} \right] - f_3 \dots \dots \dots (7.2)$$

$$\text{Dengan : } f_1 = \frac{(1 - G_e/C)^2}{2(1 - q/s)} \dots \dots \dots (7.3)$$

$$f_2 = \frac{X_2}{2(1-X)} \dots\dots\dots(7.4)$$

$$f_3 = \frac{0,65 (C/q^2)^{1/3} \cdot X (2 + 5 \cdot Ge/C)}{(C \cdot f_1 + f_2/q)} \dots\dots\dots(7.5)$$

d = kelambatan kendaraan rata-rata kendaraan

C = panjang siklus

q = volume lalu lintas pada approach yang ditinjau

Ge = waktu hijau efektif

= waktu (kuning + hijau) – kehilangan waktu

S = arus jenuh

$$X = C \cdot q / Ge \cdot S \dots\dots\dots(7.6)$$

7.3.6 Penempatan lampu lalu lintas

Lampu lalu lintas ditempatkan pada tempat yang masih berada pada sudut pandang pemakai jalan sehingga dapat cepat dilihat dan langsung memberikan reaksinya. Selain itu penempatannya harus sesuai dengan kebutuhan .

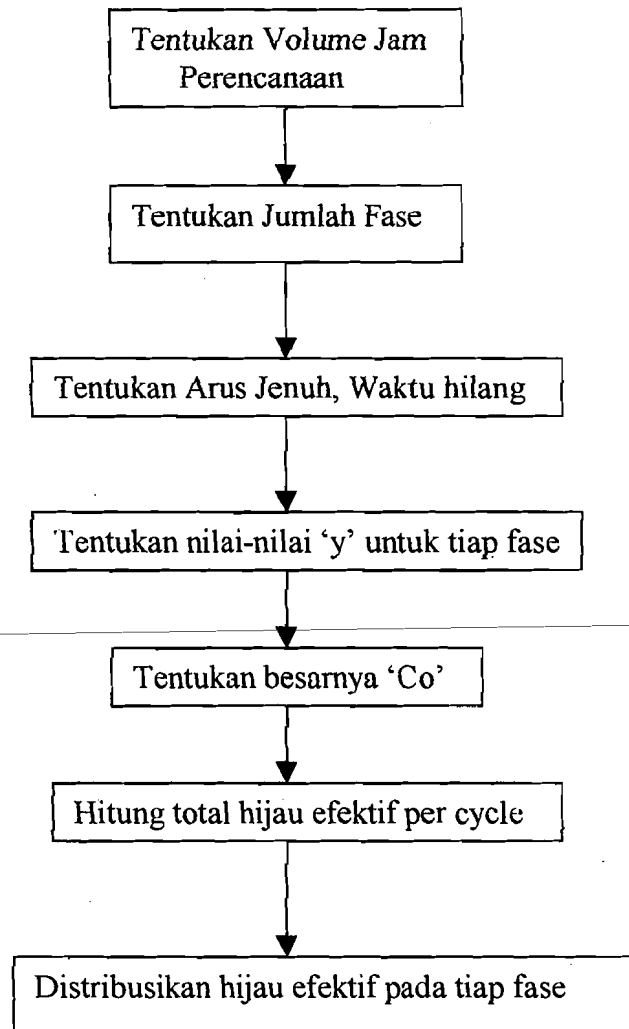
Mengenai lokasi penempatannya, tipe-tipe yang dipakai dan tipe yang digunakan pada tiap lokasi dapat dilihat pada lampiran .

7.3.7 Penentuan Signal Timing

Langkah penentuan signal timing dapat dilihat pada gambar 7.2

Beberapa hal yang perlu diketahui :

1. waktu kuning = 3 detik
2. kehilangan waktu pada periode hijau = 2 detik
3. kehilangan waktu akibat all red = 2 detik



Gambar 7.2 Proses Perhitungan Signal Timing

Perhitungan signal timing dapat dilihat pada tabel 7.2

Tabel 7.2 Perhitungan signal timing

PHASE	Traffic Volume (smp/jam)	Possible Capacity (smp/jam)	Integrated Congestion Ratio (y)	%	Phase Time (detik)
I	VL = 463	1x2000 = 2000	0,232	36	40 + 3
	VT = 755	1x2250 = 2250	0,336		
	VR = 529	2x2000 = 4000	0,132		
II	VL = 135	1x2000 = 2000	0,068	9	8 + 3
	VT = 552	3x2250 = 6750	0,082		
	VR = 167	1x2000 = 4000	0,084		
III	VL = 367	1x2000 = 2000	0,184	31	34 + 3
	VT = 1284	2x2250 = 4500	0,285		
	VR = 918	1x2000 = 2000	0,229		
IV	VL = 677	1x2000 = 2000	0,338	24	26 + 3
	VT = 1013	2x2250 = 4500	0,225		
	VR = 194	1x2000 = 2000	0,097		

Keterangan :

VL : Volume of Left Vehicle

VT : Volume of Through Vehicle

VR : Volume of Right Vehicle

7.4 Marka Lalu lintas

Marka lalu-lintas dimaksudkan sebagai tanda diatas perkerasan jalan, kerb atau bahu jalan dalam bentuk memanjang atau melintang termasuk simbol, huruf, marka obyek, penuntun. Fungsi dari marka adalah melayani, mengatur, mengarahkan dan menyalurkan lalu-lintas kendaraan dan pejalan kaki serta sebagai pelengkap alat kontrol lalu-lintas lainnya.

Dalam mengarahkan lalu-lintas, marka berfungsi menempatkan kendaraan dalam posisi benar, seperti posisi dalam lajur, parkir, posisi pada garis stop dan sebagainya. Dalam kasus tertentu marka juga berfungsi sebagai penghalang bagi

pandang dan sebagai alat bantu untuk menyalurkan pejalan kaki dalam lajur yang aman untuk melintasi suatu potongan jalan.

Penggunaan marka memberikan beberapa keuntungan disamping mempunyai keterbatasan-keterbatasan tertentu dalam kemampuannya.

Keuntungannya antara lain :

1. Pada kondisi yang baik , pengemudi tidak perlu membagi perhatiannya ketempat lain kecuali jalan raya.
2. Tidak akan mengurangi kapasitas jalan.

Keterbatasan kemampuannya antara lain :

1. Kabur dari pandangan bila jalan basah, hujan lebat, berdebu atau kena oli kendaraan.
2. Bisa terhalang oleh lalu-lintas diatasnya.
3. Pemeliharaannya harus kontinu, karena mudah rusak.
4. Tidak dapat diberikan pada jalan tanpa perkerasan.

Agar fungsi dari penggunaan marka tercapai, maka perlu didukung oleh kondisi sebagai berikut :

1. Memberikan keluasan pandangan yang baik bagi pengemudi dalam arti jarak fisik dan waktu reaksi.
2. Dapat berfungsi selama 24 jam, misalnya dengan dibuat dari bahan-bahan yang bisa merefleksikan cahaya.

Secara umum, marka-marka yang digunakan dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Marka Memanjang

- a. Jalur jalan

Marka jalur jalan digunakan untuk mengatur dan menyalurkan lalu-lintas dalam jalurnya masing-masing, disamping dapat menaikkan efisiensi penggunaan jalan pada lokasi-lokasi yang sering terjadi kemacetan.

b. Marka tepi perkerasan

Marka ini biasanya berwarna kuning penuh di kedua sisi jalan dan digunakan untuk menjaga agar kendaraan tidak melintasi bahu jalan.

c. Marka mendekati persimpangan

Pada persimpangan dengan standar garis stop atau jalur penyeberangan pejalan kaki, seluruh garis jalur, garis sumbu bermula dari garis stop atau dekat jalur penyeberangan.

2. Marka Melintang

a. Garis berhenti ("stop bar")

Garis berhenti merupakan garis penuh yang ditempatkan dipersimpangan dimana kendaraan harus berhenti sebelum melewati persimpangan. Garis berhenti biasanya digunakan untuk melengkapi rambu stop ("stop sign").

b. Marka jalur penyeberangan ("cross walk")

Disediakan sebagai jalur penyeberangan yang benar bagi pejalan kaki.

3. Marka Penunjuk Arah

Digambarkan dengan simbol panah yang berukuran tertentu dan biasanya berwarna putih. Petunjuk ini dimaksudkan untuk menuntun arus lalu-lintas ke arah jalur yang benar.

4. Marka Khusus

Marka-marka ini dipakai untuk melengkapi rambu-rambu lalu-lintas tertentu dengan maksud untuk memberikan peringatan dan menuntun arus yang mendekati gangguan.


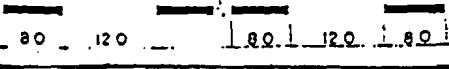
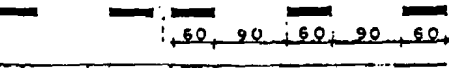
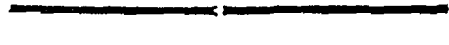
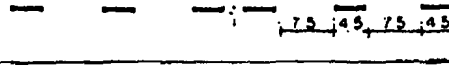

5. Warna-warna Marka

Warna-warna yang dipakai untuk marka-marka biasanya adalah putih dan kuning, juga ada warna lain yang biasa digunakan, seperti hitam.

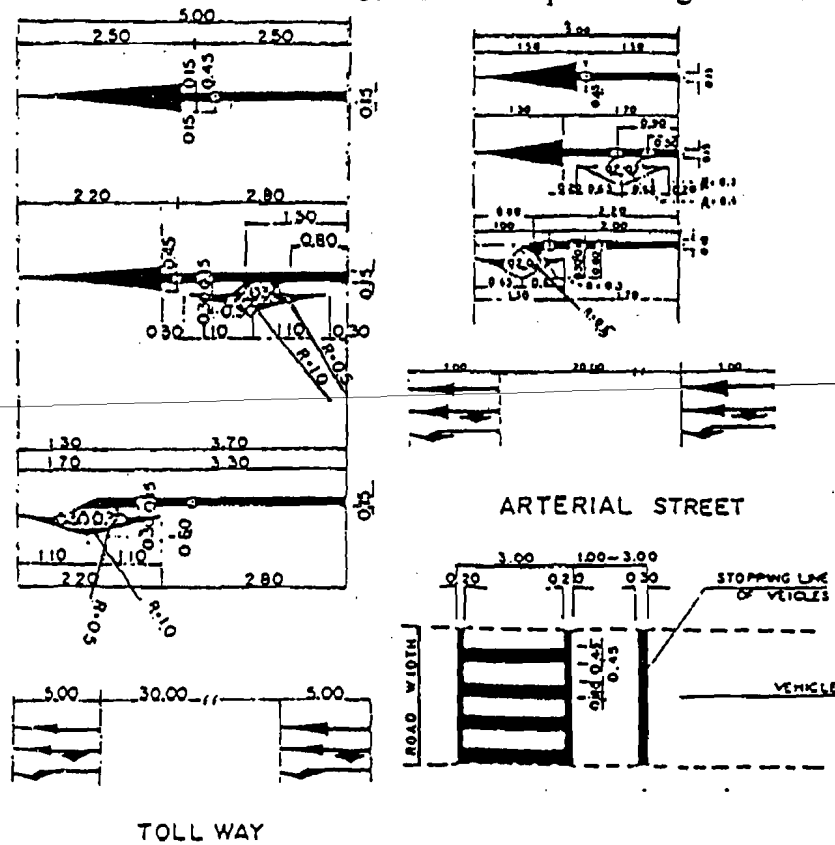
Warna-warna ini mempunyai sifat-sifat tertentu, seperti perijinan, pengamanan atau pelarangan. Sebagai contoh adalah sebagai berikut :

1. Garis kuning penuh digunakan untuk garis sumbu jalan yang memisahkan arus lalu-lintas yang berlawanan.
2. Garis jalur jalan menggunakan warna putih putus-putus dan bersifat pengamanan.

Tipe-tipe marka dan dimensinya yang digunakan pada Simpang Grogol dapat dilihat pada gambar 7.3.

CLASS	LANE	MARKINGS
a	TOLLWAY RAMPWAY	 20cm
b1	TOLLWAY	 15cm
b2	TOLLWAY RAMP	 15cm
c	ARTERIAL STREET	 10cm
d	ARTERIAL STREET	 10cm
e	MERGING AND DIVERGING AREA	 7.5cm

Gambar 7.4 Tipe marka garis



Gambar 7.3 Tipe marka garis dan dimensi

7.5 Rambu Lalu – Lintas

Rambu lalu-lintas merupakan bagian dari perangkat kontrol lalu-lintas, yang berfungsi untuk mencegah kecelakaan, memberikan informasi kepada pemakai jalan serta menjaga agar fasilitas jalan raya tidak rusak sebelum waktunya. Agar dapat berfungsi sebagaimana mestinya, maka setiap rambu lalu-lintas harus mempunyai sifat-sifat penting sebagai berikut :

1. Menarik perhatian, misalnya dengan membuat bentuk-bentuk tertentu dengan warna yang kontras.
2. Dapat dibaca dengan mudah, seperti ukuran huruf, simbol maupun rambunya besar, menggunakan cat/ bahan yang mengandung fluor sehingga dalam cuaca gelap dapat memantulkan cahaya.
3. Dapat dimengerti

Secara umum rambu lalu-lintas dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

1. Rambu pengatur

Dipakai untuk menyampaikan peraturan-peraturan dan persyaratan-persyaratan yang dipatuhi oleh pemakai jalan.

2. Rambu peringatan

Dipakai untuk menyampaikan peringatan-peringatan akan adanya kondisi bahaya di suatu tempat.

3. Rambu penuntun

Dipakai untuk menyampaikan petunjuk-petunjuk arah, jarak, tempat-tempat tertentu serta informasi-informasi lain yang dibutuhkan pemakai jalan.

Pemasangan rambu lalu-lintas di Simpang Grogol menggunakan standar Indonesia yang secara umum dapat diuraikan sebagai berikut :

1. Bentuk Rambu

- a. segi delapan untuk rambu “ STOP “.
- b. segitiga sama sisi dengan satu ujung menghadap kebawah untuk rambu beri kesempatan (“yield”).
- c. bulat untuk rambu-rambu pengatur dan larangan.
- d. Belah ketupat untuk rambu peringatan.
- e. Segi empat dengan dimensi vertikal lebih panjang untuk rambu-rambu petunjuk, informasi dan beberapa rambu pengatur.

2. Warna

- a. Merah digunakan sebagai warna dasar untuk rambu-rambu “ STOP “ dan “ dilarang masuk “, juga sebagai warna lingkaran luar dan garis diagonal untuk simbol larangan, sebagai garis terluar bagi rambu “ beri kesempatan “ dan sebagai garis diagonal yang merupakan akhir dari sesuatu.
- b. Hitam digunakan sebagai warna legenda dan simbol untuk rambu-rambu dengan warna dasar putih, kuning.
- c. Putih digunakan sebagai warna dasar untuk rambu-rambu petunjuk, informasi serta sebagai warna legenda dan simbol pada rambu dengan warna dasar biru.
- d. Kuning digunakan sebagai warna dasar bagi rambu peringatan.
- e. Biru sebagai warna dasar bagi rambu-rambu informasi dan petunjuk arah.

- f. Orange sebagai warna dasar untuk rambu yang sifatnya sementara.

3. Penempatan Rambu :

- a. Rambu-rambu peringatan, pengatur dan petunjuk sedapat mungkin ditempatkan pada sisi jalan sebelah kiri menuju arah lalu lintas.
- b. Rambu-rambu peringatan ditempatkan pada jarak minimal 80 meter sebelum tempat atau bagian jalan yang dimaksud pada peringatan tersebut.
- c. Rambu-rambu pengatur (pelarangan) ditempatkan pada awal bagian jalan berlakunya rambu tersebut.
- d. Rambu yang ditempatkan pada sisi jalan, jarak sisi rambu bagian bawah sampai ke permukaan jalur kendaraan minimum 175 cm.
- e. Rambu yang diletakkan diatas permukaan jalan, jarak sisi rambu bagian bawah sampai ke permukaan jalan minimum 500 cm.
- f. Penempatan rambu sedemikian rupa sehingga jarak antara bagian rambu terdekat dengan bagian tepi jalan yang dapat dilalui kendaraan minimal 60 cm.

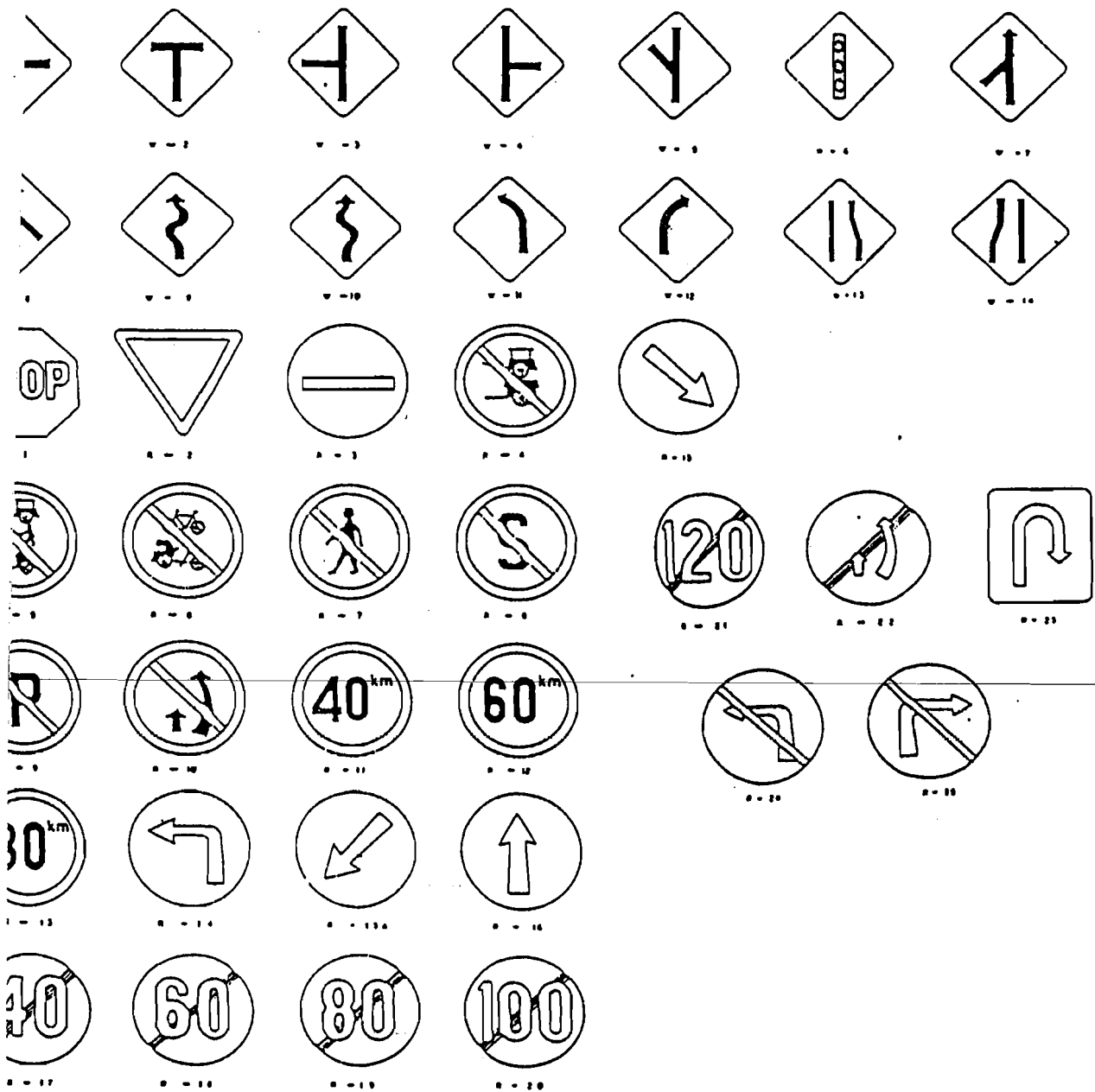
4. Ukuran Rambu :

Ukuran rambu dikelompokkan dalam ukuran, yaitu :

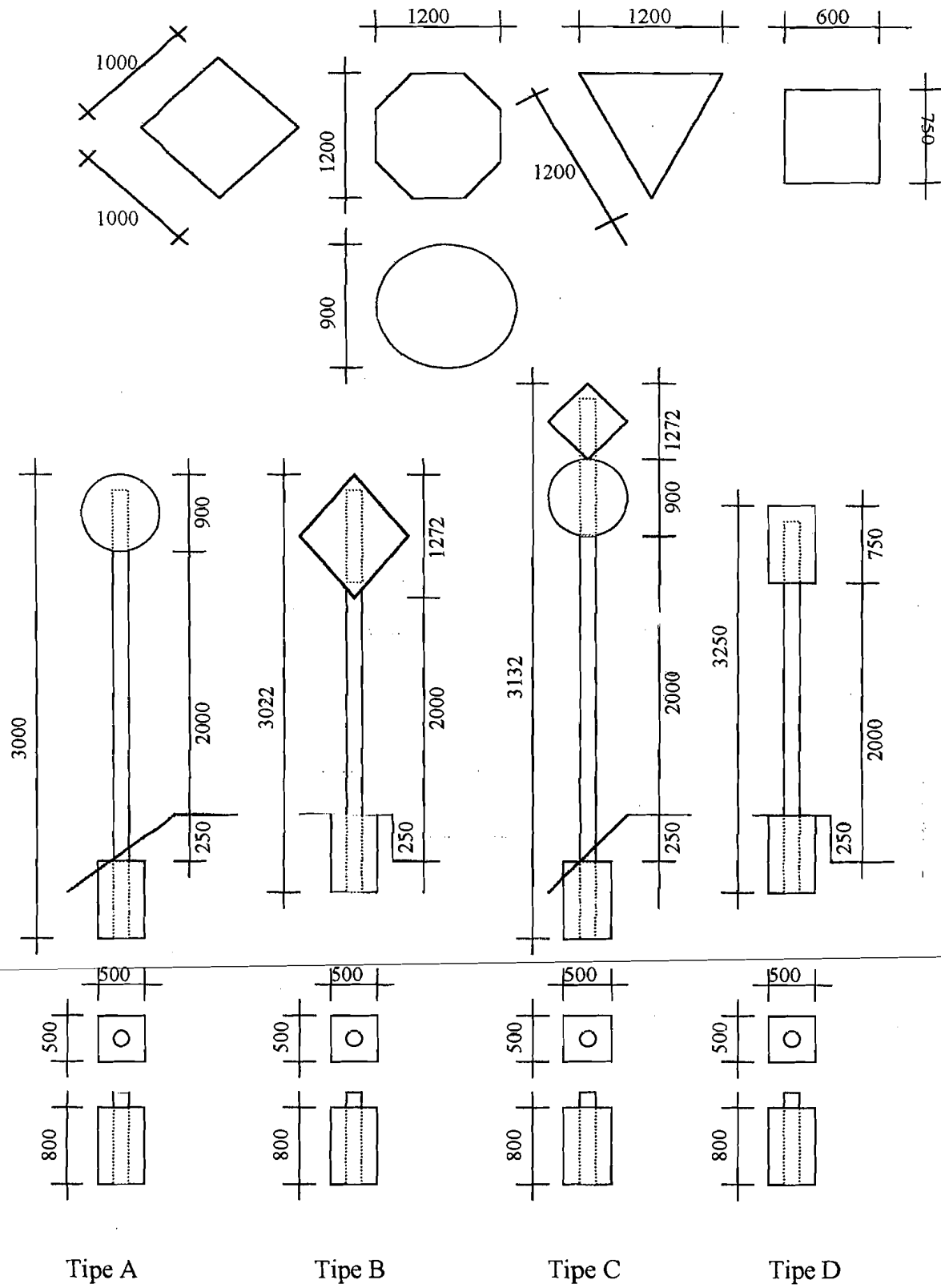
- 1. Ukuran kecil diterapkan pada jalan-jalan kecil dengan lalu lintas berkecepatan sangat rendah.
- 2. Ukuran normal diterapkan pada jalan-jalan raya umumnya.
- 3. Ukuran sedang diterapkan pada jalan yang cukup lebar dengan lalu lintas berkecepatan tinggi.

4. Ukuran besar diterapkan pada jalan yang sangat lebar dengan lalu lintas berkecepatan sangat tinggi.
5. Ukuran simbol, huruf dan angka dalam rambu harus sesuai dengan ukuran rambunya sendiri.

Jenis-jenis rambu serta dimensinya yang dipakai di Simpang Grogol dapat dilihat pada gambar 7.4 dan 7.5.



Gambar 7.4 Jenis – jenis rambu lalu lintas



Gambar 7.5 Dimensi dan elevasi rambu

7.6 Pembahasan

Lampu pengatur lalu-lintas, Rambu dan marka merupakan sarana penunjang/pelengkap yang harus dipenuhi pada suatu perancangan jalan untuk memberikan fasilitas keamanan, kenyamanan dan petunjuk yang harus dipenuhi bagi pengguna jalan tersebut. Karena rambu dan marka berguna untuk mengatur pergerakan lalu-lintas agar berjalan dengan harmonis, tertib dan lancar.

Sistem dari lampu pengatur lalu-lintas dapat diklasifikasikan dalam 2 jenis, yaitu :

1. sistem isolasi
2. sistem jaringan

Pola pengaturan lalu-lintas ada 2 jenis, yaitu :

1. Pola tetap
2. Pola tidak tetap

Pada persimpangan sebidang Grogol sistem yang dipakai adalah sistem isolasi dan pola pengaturannya tetap. Pola pengaturan tetap ditentukan berdasarkan data yang ada dengan perkiraan volume lalu-lintas tetap. Dengan memakai pola tidak tetap pengaturan ditentukan berdasarkan volume lalu-lintas yang sebenarnya. Karena volume lalu-lintas terus bertambah, berdasarkan hasil Traffic Assignment dapat diketahui volume lalu-lintas setiap 10 tahun sampai umur rencana. Dengan memakai volume tidak tetap maka setiap 10 tahun pengaturan lampu lalu-lintas dapat ditinjau kembali sehingga persimpangan dapat berfungsi dengan baik.

Untuk rambu dan marka yang dipakai pada Simpang Grogol menggunakan standar Indonesia. Rambu dan marka pada Simpang Grogol adalah :

1. Marka, meliputi :
 - a. Marka Memanjang
 1. Jalur jalan
 2. Marka tepi perkerasan
 3. Marka Melintang
 - b. Marka Melintang
 1. Garis berhenti (stop bar)
 2. Marka jalur penyeberangan (cross walk)
 - c. Marka Penunjuk arah
 - d. Marka khusus
2. Rambu Lalu-Lintas
 - a. Rambu pengatur
 - b. Rambu peringatan
 - c. Rambu penuntun

Rambu, marka harus dirancang sesuai dengan standar yang dipakai, dengan syarat dapat dilihat dengan jelas oleh pengguna jalan pada siang maupun malam hari. Titik penempatan rambu dan marka telah ditentukan oleh konsultan.

Agar fungsi dari penggunaan marka tercapai secara maksimal, maka rambu harus :

1. memberikan keluasaan pandangan yang baik bagi pengemudi dalam arti jarak fisik dan waktu reaksi.

2. Dapat berfungsi selama 24 jam, dibuat dari bahan-bahan yang dapat merefleksi cahaya.

Agar dapat berfungsi maksimal, rambu harus :

1. Menarik perhatian, dengan membuat bentuk-bentuk tertentu dengan warna yang kontras.
2. Dapat dibaca dengan mudah, ukuran huruf, simbol maupun rambunya besar, memakai cat/bahan yang mengandung fluor sehingga dalam cuaca gelap dapat memantulkan cahaya.
3. Dapat dimengerti

BAB VIII

PERANCANGAN DRAINASI

8.1 Umum

Perancangan drainasi merupakan salah satu bagian penting dari perancangan jalan raya. Drainasi berfungsi menampung air hujan atau air limbah dari permukaan jalan maupun daerah sekitarnya kemudian mengalirkannya ke sungai atau tempat pembuangan lainnya sehingga di permukaan atau badan jalan tidak akan terjadi genangan-genangan air yang dapat merusak jalan.

Dimensi dari saluran-saluran drainasi harus mampu menampung atau mengalirkan sejumlah volume air tertentu dalam waktu yang tertentu pula atau yang biasa disebut debit. Masalahnya adalah berapakah debit air yang harus dialirkan melalui saluran-saluran tersebut. Hal ini bisa timbul karena debit air selalu berubah-ubah tergantung pada curah hujan yang terjadi. Oleh karena itu dalam perhitungan dimensi saluran perlu diperkirakan debit rencana (Q_d). Debit rencana dihitung berdasarkan curah hujan maksimum harian yang mungkin terjadi sesuai dengan periode ulang tertentu, berdasarkan pengamatan selama beberapa tahun (minimal 10 tahun) secara berurutan.

Perencanaan sistem drainasi dapat dibagi dalam 2 kelompok, yaitu sistem drainasi permukaan dan sistem drainasi bawah tanah. Sistem drainasi permukaan terdiri dari drainasi permukaan jalan yang menampung air dari permukaan jalan dan drainasi pokok yang menampung air dari saluran permukaan jalan untuk

dialirkan ke saluran kolektor. Drainasi bawah tanah diperlukan bila muka air tanah cukup tinggi sehingga dapat mengganggu kestabilan konstruksi jalan. Perencanaan sistem drainasi permukaan jalan dilakukan untuk periode ulang 2 – 5 tahun, sedang perencanaan sistem drainasi pokok dilakukan dengan periode ulang lebih dari 20 tahun. Hal tersebut banyak dipengaruhi oleh pertimbangan ekonomis.

8.2. Maksud dan Tujuan

Drainasi bertujuan untuk menjaga kestabilan konstruksi jalan diwaktu musim penghujan. Kekuatan tanah dasar yang terlalu basah akan mengurangi daya dukung tanah, yang mengakibatkan badan jalan dan perkerasan tidak mampu untuk memikul beban lalu-lintas yang ada. Jika daya dukung tanah berkurang akan mengakibatkan jalan amblas, bergelombang dan mungkin terjadi kelongsoran badan jalan. Karenanya jalan raya hanya dapat berfungsi dengan baik dan berdaya tahan, bila sistim drainasi direncanakan dengan baik.

8.3 Dasar Perancangan

8.3.1 Analisis Hidrologi

Analisa hidrologi dilakukan berdasarkan kriteria :

1. Mencari debit rencana (Q_d) berdasarkan curah hujan maksimum selama pengamatan minimal 10 tahun berturut-turut dan dalam periode ulang tertentu. Data-data curah hujan yang dibutuhkan diusahakan didapat dari stasiun curah hujan di daerah aliran proyek.
2. Periode ulang yang dipilih didasarkan kepada luas daerah aliran, jenis dan lapisan tanah.

8.3.2 Melengkapi Data yang Hilang

Data curah hujan yang diperoleh dari stasiun pengamatan biasanya tidak lengkap. Pada tahun-tahun tertentu ada data curah hujan yang tidak teramati. Oleh karena itu data-data tersebut perlu dilengkapi.

Ada 2 perkiraan untuk melengkapi data yang hilang tersebut, yaitu :

1. Apabila selisih curah hujan maksimum pada stasiun yang hilang datanya tersebut kurang dari 10%, maka data yang hilang boleh diambil dari hasil rata-rata aritmetik dari tempat yang mengelilinginya.
2. Apabila selisih curah hujan maksimum pada stasiun yang hilang datanya tersebut lebih dari 10%, maka data yang hilang tersebut dilengkapi dengan metoda rasio normal, dengan persamaan sebagai berikut :

$$P_x = \frac{1}{i} \left(\frac{N_x}{N_A} \cdot P_A + \frac{N_x}{N_B} \cdot P_B + \dots + \frac{N_x}{N_i} \cdot P_i \right) \dots\dots\dots(8.1)$$

Dengan :

P_x = curah hujan yang dicari pada tahun tersebut

N_x = curah hujan rata-rata setahun dari stasiun yang hilang datanya

$P_A \dots P_i$ = curah hujan harian maksimum dari stasiun yang mengelilinginya pada tahun tersebut.

$N_A \dots N_i$ = curah hujan rata-rata setahun dari stasiun yang mengelilinginya

i = banyaknya stasiun yang mengelilingi stasiun yang hilang datanya

8.3.3 Analisa Curah Hujan

Analisa curah hujan dilakukan untuk memperoleh curah hujan harian maksimum rencana pada periode ulang tertentu. Metode yang digunakan untuk menganalisa curah hujan ini adalah Metode Gumbel, dengan suatu persamaan regresi sebagai berikut :

$$T_r = (n + 1) / m \dots\dots\dots(8.2)$$

$$Y_t = -\ln(-\ln(1 - 1/T_r)) \dots\dots\dots(8.3)$$

$$X = \sum X_i / n \dots\dots\dots(8.4)$$

$$S_x = \sqrt{\sum (X_i - X)^2 / (n-1)} \dots\dots\dots(8.5)$$

$$1 / \alpha = S_x / S_n \dots\dots\dots(8.6)$$

$$\begin{aligned} X_T &= \mu + 1/\alpha \cdot Y_T \\ &= X - 1/\alpha \cdot Y_n \dots\dots\dots(8.7) \end{aligned}$$

dengan :

n = jumlah data

m = urutan data

X = curah hujan rata-rata setahun

S_x = standar deviasi

S_n = reduce standard deviasi

Y_n = reduce mean

Tabel 8.1 Reduced mean (Y_n)

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,4952	0,4996	0,5035	0,5070	0,5100	0,5128	0,5157	0,5181	0,5202	0,5220
20	0,5236	0,5252	0,5268	0,5283	0,5296	0,5309	0,5320	0,5332	0,5343	0,5353
30	0,5362	0,5371	0,5380	0,5388	0,5396	0,5402	0,5410	0,5418	0,5424	0,5430
40	0,5436	0,5442	0,5448	0,5453	0,5496	0,5463	0,5469	0,5473	0,5477	0,5481
50	0,5485	0,5488	0,5493	0,5497	0,5501	0,5504	0,5508	0,5511	0,5515	0,5518
60	0,5521	0,5424	0,5527	0,5530	0,5533	0,5535	0,5538	0,5540	0,5543	0,5545
70	0,5548	0,5550	0,5552	0,5555	0,5557	0,5559	0,5561	0,5563	0,5565	0,5567
80	0,5569	0,5570	0,5572	0,5574	0,5576	0,5578	0,5580	0,5581	0,5583	0,5585
90	0,5586	0,5587	0,5588	0,5591	0,5592	0,5593	0,5595	0,5596	0,5598	0,5598
100	0,5600	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Sumber : Irrigation Manual On Drainage Directorate General Of Water Recources Development, Ministry of Public Works

Tabel 8.2 Reduced Standard Deviation (S_n)

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,9496	0,9697	0,9833	0,9971	1,0095	1,0206	1,0316	1,0411	1,0493	1,0565
20	1,0628	1,0696	1,0754	1,0811	1,0864	1,0915	1,0961	1,1044	1,1047	1,1086
30	1,1124	1,1159	1,1193	1,1226	1,1255	1,1285	1,1313	1,1339	1,1363	1,1368
40	1,1413	1,1436	1,1458	1,1480	1,1499	1,1519	1,1538	1,1557	1,1571	1,1590
50	1,1607	1,1623	1,1638	1,1658	1,1607	1,1681	1,1696	1,1708	1,1721	1,1734
60	1,1747	1,1759	1,1770	1,1782	1,1793	1,1803	1,1814	1,1824	1,1834	1,1844
70	1,1854	1,1863	1,1873	1,1881	1,1890	1,1898	1,1903	1,1915	1,1923	1,1930
80	1,1938	1,1945	1,1953	1,1959	1,1967	1,1973	1,1980	1,1987	1,1994	1,2001
90	1,2007	1,2013	1,2020	1,2026	1,2032	1,2038	1,2044	1,2049	1,2055	1,2060
100	1,2065	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Sumber : Irrigation Manual On Drainage, Directorate General of Water Recources Development, Ministry of Public Works

8.3.4 Test Homogenitas

Test homogenitas dimaksudkan untuk mengetahui keseragaman dari masing-masing stasiun pengamat di sekitar proyek. Bila dari test ini menunjukkan hasil yang homogen, maka stasiun-stasiun tersebut dapat digunakan untuk merancang fasilitas drainasi pada proyek ini.

8.3.5 Analisa Intensitas Hujan

Debit rencana dari fasilitas drainasi, yang akan dibuat, ditentukan berdasarkan distribusi curah hujan dalam jangka waktu yang pendek (perjam) dan dinyatakan dalam mm/jam serta biasa disebut Intensitas Curah Hujan.

Dari analisa intensitas hujan akan diperoleh lengkung intensitas curah hujan (IDC) yang menggambarkan hubungan antara intensitas hujan dengan waktu.

Untuk menggambarkan intensitas curah hujan rencana pada masing-masing periode ulang diperlukan data IDC dari suatu stasiun. Data ini bisa digunakan bila hasil dari tes homogenitas menunjukkan keseragaman di semua stasiun pengamat yang ada. IDC yang diperoleh dari analisa curah hujan harus dikorelasikan dengan IDC untuk masing-masing periode ulang.

Rumus-rumus yang digunakan untuk perhitungan intensitas curah hujan adalah :

$$\text{Prof Talbot} : I = a / (t + b) \dots\dots\dots (8.8)$$

$$\text{Prof Sherman} : I = a / t^b \dots\dots\dots (8.9)$$

$$\text{Prof Ishiquro} : I = a / (t^{0,5} + b) \dots\dots\dots (8.10)$$

Dengan : I = intensitas curah hujan (mm/jam)

t = lamanya curah hujan (menit)

$a, b = \text{konstanta}$

Dari ketiga rumus diatas, kemudian dicari harga yang paling cocok, artinya harga yang memberikan simpangan terkecil.

8.3.6 Analisa Debit Rencana

Ada beberapa metoda yang bisa digunakan untuk menghitung debit rencana (Q_d), yaitu :

1. Metoda Unit Hydrograph
2. Metoda Empiris
3. Metoda Rasional

Metoda unit hydrograph biasanya digunakan untuk merancang tinggi jembatan, karena penggunaan metoda ini hanya untuk menghitung debit sungai dalam periode yang panjang.

Metoda empiris biasanya dipakai pada daerah aliran yang luasnya lebih besar dari 500 km^2 dan data-data hidrologi yang ada kurang memadai sehingga debit rencana dihitung dengan rumus-rumus empiris.

Metoda rasional digunakan pada daerah pengaliran yang relatif kecil seperti pada proyek ini. Debit rencananya dihitung berdasarkan rumus sebagai berikut :

$$Q_d = 0,278.C.I.A \dots\dots\dots(8.11)$$

Dengan : $Q_d = \text{debit rencana maksimum (m}^3 / \text{det)}$

$C = \text{koefisien limpasan}$

$I = \text{intensitas hujan untuk suatu hujan yang durasinya sama dengan time of concentration (mm/jam)}$

$A = \text{luas daerah pengaliran (km}^2 \text{)}$

Tabel 8.3 Koefisien Limpasan (C)

Tipe Permukaan	Nilai C
Lapis permukaan dengan aspal	0,70 – 0,95
Lapis permukaan dengan beton	0,70 – 0,80
Tanah kedap air ("heavy") *	0,40 – 0,65
Tanah kedap air dengan penutup rumput *)	0,30 – 0,55
Dengan tanah sedikit tembus air *)	0,15 – 0,40
Tanah ditutup rumput sedikit tembus air *)	0,10 – 0,30
Tanah lunak tembus air *)	0,05 – 0,20
Tanah lunak tembus air tertutup rumput *)	0,00 – 0,01

*) : untuk kemiringan dari 1% s/d 2%

Sumber : Kenneth. B. Woods, Highway Engineering Hand Book, Mc. Graw Hill Book Company, USA 1960

8.3.7 Waktu konsentrasi

Waktu konsentrasi adalah waktu yang dibutuhkan oleh air hujan untuk menempuh jarak dari titik terjauh ke tempat yang kita tinjau.

Waktu konsentrasi (t_c) terdiri dari :

$$t_c = t_{of} + t_{df} \dots\dots\dots (8.12)$$

Dengan :

t_{of} = waktu yang dibutuhkan untuk mengalir di atas permukaan sampai ke

fasilitas drainasi yang ditinjau (menit)

$$t_{of} = (2/3 \cdot 3.28 \cdot L_{of} \cdot n / S^{0.5})^{1/6} \dots\dots\dots (8.13)$$

t_{df} = waktu yang dibutuhkan untuk mengalir dari atas fasilitas drainasi sampai tempat yang ditinjau.

$$t_{df} = L_{df} / (60 \cdot v) \dots\dots\dots(8.14)$$

L_{of} = panjang pengaliran di permukaan yang ditinjau dalam meter

n = koefisien Manning

S_o = kemiringan di tempat air mengalir

L_{df} = panjang fasilitas drainasi yang ditinjau (m)

v = kecepatan aliran pada saluran (m/det)

Waktu konsentrasi diatas adalah untuk fasilitas drainasi permukaan, sedangkan untuk drainasi pokok adalah :

$$t_c = 0,0195 (L / S^{0,5})^{0,77} \dots\dots\dots(8.15)$$

dengan :

L = panjang jarak dari tempat terjauh di daerah aliran sampai ke tempat pengamatan (km)

S = kemiringan rata-rata daerah pengaliran

Berikut ini akan diuraikan ketentuan-ketentuan yang diperlukan untuk perancangan drainasi pada Sim pang Grogol :

1. Periode ulang :

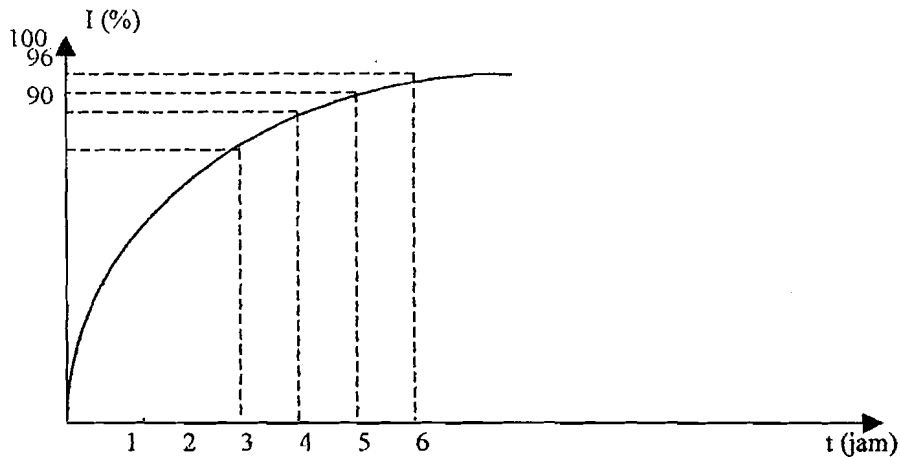
1. untuk drainasi permukaan = 3 tahun
2. untuk drainasi pokok = 25 tahun
3. Hujan yang memberikan intensitas maksimum adalah hujan dengan durasi 4 jam dan efektifitasnya 90%

$$I_r = \frac{R_{24}}{4} \cdot 0.90 = 0.225 \cdot R_{24} \dots\dots\dots(8.16)$$

Keterangan : I_r = Intensitas curah hujan rencana

R_{24} = curah hujan harian minimum

Hal ini didasarkan pada penyelidikan Ir. Van Breen (di Jakarta), bahwa hujan harian terkonsentrasi selama 4 jam dengan jumlah hujan sebesar 90% dari hujan selama 24 jam.



Gambar 8.1 Kurva Curah Hujan Van Breen

Table 8.4 Harga Koefisien Manning (n)

Tipe Permukaan	Harga n
Beton dengan permukaan lembut	0,013
Beton dengan permukaan kasar	0,022

Lanjutan tabel 8.4

Riprap	0,03 – 0,04
Aspal, permukaan halus	0,013
Tanah baik, sedikit berumput – kedalaman lebih dari 6 in	0,09 – 0,30
Tanah baik, sedikit berumput – kedalaman kurang dari 6 in	0,07 – 0,20
Tanah, butiran seragam, bersih	0,016
Tanah, butiran tidak seragam, tidak ada tumbuhan	0,022
Saluran tidak terpelihara, tidak terpelihara	0,08

Sumber : Paul. H. Wright, Highway Engineering, Sixth Edition, John Wiley and Sons, USA 1996

8.3.8 Analisis Hidraulis

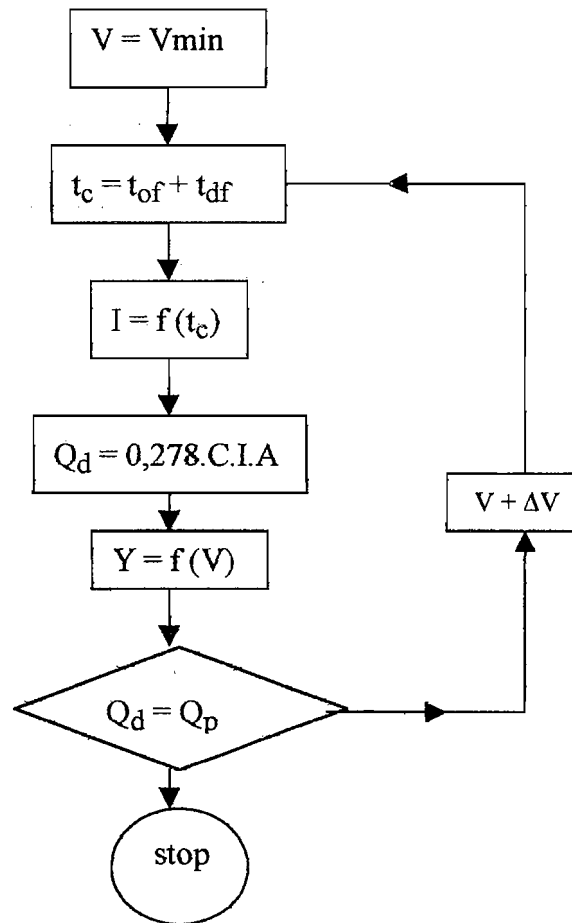
Kriteria yang digunakan dalam analisis hidraulis ini adalah :

1. a. Saluran harus mampu menampung debit rencana (Q_d)
 - b. Penampang hidraulis terbaik adalah yang mampu mengalirkan debit rencana (Q_d)
2. Aliran yang terjadi dianggap “uniform flow” sehingga rumus-rumus “uniform flow” dapat digunakan.

Analisis hidraulis ini dilakukan dengan metoda kecepatan minimum (V_{min}) dengan prosedur yang ditunjukkan oleh gambar 8.2

Dalam perencanaan drainasi Simpang Grogol ini digunakan beberapa jenis saluran drainasi yaitu :

1. pipa PVC untuk drainasi jalan layang
2. saluran tepi untuk drainasi persimpangan sebidang
3. saluran box culvert untuk drainasi pokok



Gambar 8.2 Prosedur Perhitungan Penampang Terbaik

Keterangan :

V_{\min} = kecepatan minimum, diasumsikan 0,6 m/det

Y = tinggi muka air, didapat dari perhitungan dan tergantung bentuk penampang

Q_p = debit yang dapat dialirkan penampang

Untuk drainasi jalan layang penentuan debit pada pipa vertikal dilakukan dengan persamaan Morning Glory sebagai berikut :

$$Q_p = C.L.H^{3/2} \dots\dots\dots(8.17)$$

Dengan : C = koefisien pengaliran, diperoleh dari gambar 8.3

$$L = \text{keliling pipa} = 2.\pi.R$$

$$H = \text{tinggi muka air sebelum masuk pipa (ft)} = y$$

$$R = \text{jari-jari pipa (ft)}$$

Untuk pipa PVC horizontal pada jalan layang, saluran tepi dan drainasi pokok, debit pada penampang diperhitungkan dengan persamaan Manning :

$$Q_p = 1/n . A . R^{2/3} . S^{1/2} \dots\dots\dots(8.18)$$

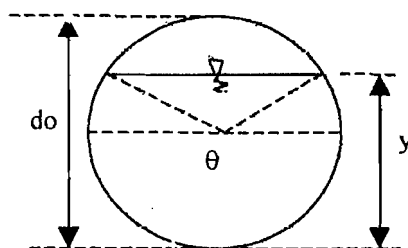
Dengan : n = koefisien kekasaran dasar saluran

$$A = \text{luas penampang (m)}$$

$$R = \text{jari-jari hidraulis penampang (m)} = A / p$$

$$S = \text{kemiringan dasar saluran (\%)}$$

Selain itu ditentukan pula berdasarkan penampang lingkaran terbuka sebagai berikut :



$$\phi = \theta / 2 - \pi / 2$$

$$y = \frac{1}{2} do + \frac{1}{2} do \sin \frac{1}{2} (\theta - \pi)$$

$$y = \frac{1}{2} do (1 - \cos \frac{1}{2} \theta)$$

Dari rumus Manning, maka :

$$AR^{2/3} = \frac{Q . n}{S^{1/2}} \dots\dots\dots(8.19)$$

Dari perbandingan : $\frac{AR^{2/3}}{do^{8/3}} \longrightarrow$ diperoleh y / do

Gambar 8.3 Grafik C vs H/R

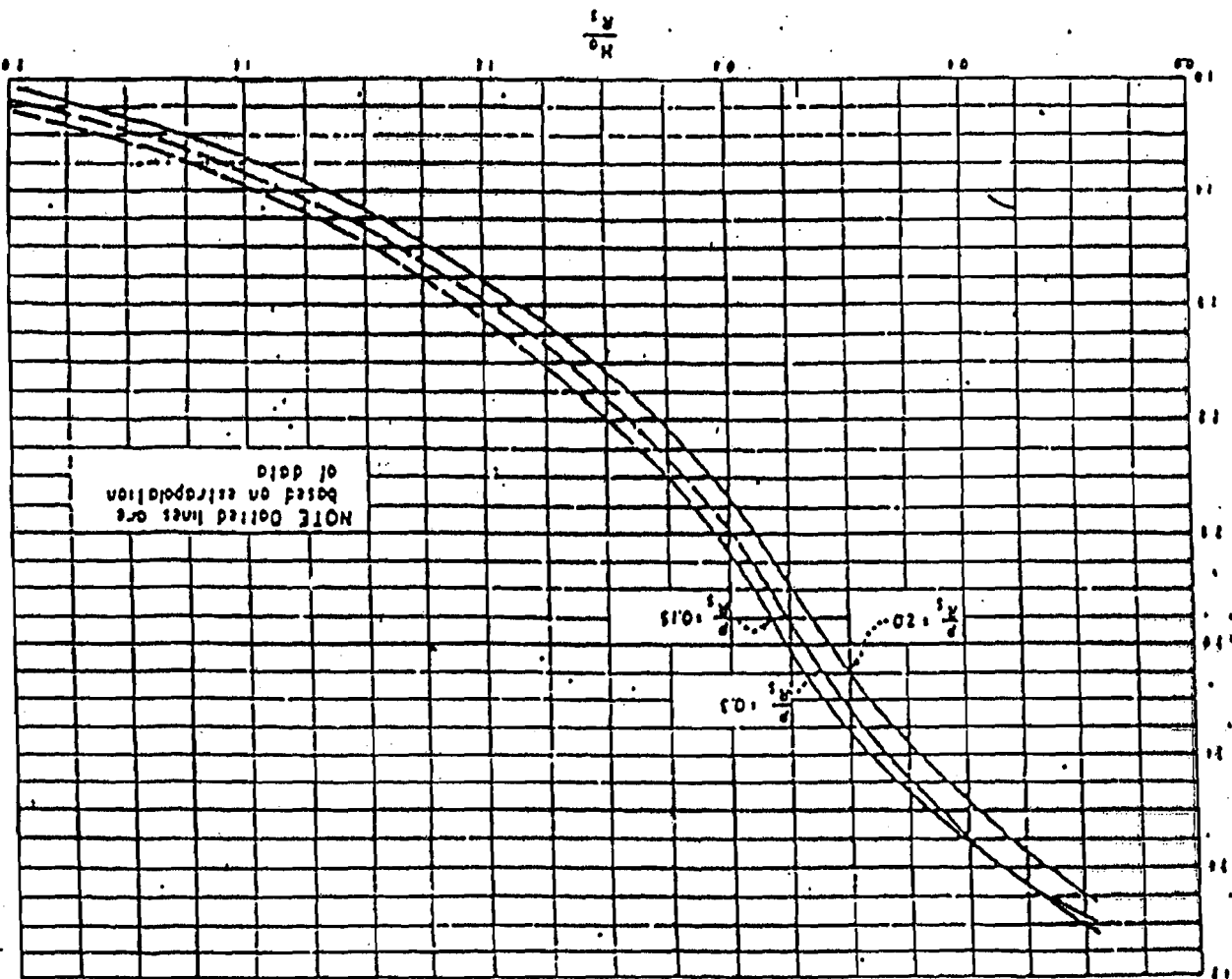


Table 8.5 Geometric Element for Circular Channel Section

$\frac{y}{d_c}$	$\frac{A}{d_c^2}$	$\frac{P}{d_c}$	$\frac{K}{d_c}$	$\frac{T}{d_c}$	$\frac{D}{d_c}$	$\frac{Z}{d_c}$	$\frac{ARH}{d_c}$
0.01	0.0012	0.20013	0.00066	0.10006	0.00001	0.00001	0.00001
0.02	0.0037	0.28318	0.0132	0.28001	0.00131	0.00007	0.00009
0.03	0.0069	0.3182	0.0197	0.3112	0.0015	0.00018	0.00029
0.04	0.0105	0.4027	0.0282	0.3910	0.0017	0.00021	0.00040
0.05	0.0147	0.4510	0.0378	0.4359	0.0018	0.00027	0.00051
0.06	0.0192	0.4919	0.0489	0.4750	0.0186	0.00039	0.00072
0.07	0.0242	0.5255	0.0613	0.5103	0.0171	0.00053	0.00101
0.08	0.0291	0.5535	0.0751	0.5426	0.0512	0.00069	0.00140
0.09	0.0350	0.5735	0.0914	0.5721	0.0612	0.00087	0.00185
0.10	0.0409	0.6135	0.0935	0.6000	0.0682	0.0107	0.00235
0.11	0.0470	0.6761	0.0695	0.6252	0.0752	0.0129	0.00279
0.12	0.0531	0.7075	0.0754	0.6599	0.0572	0.0153	0.00325
0.13	0.0600	0.7377	0.0813	0.6726	0.0592	0.0179	0.00371
0.14	0.0668	0.7670	0.0871	0.6910	0.0616	0.0212	0.00418
0.15	0.0735	0.7954	0.0929	0.7111	0.1031	0.0236	0.00452
0.16	0.0811	0.8210	0.0986	0.7332	0.1106	0.0270	0.00473
0.17	0.0885	0.8500	0.1042	0.7512	0.1178	0.0291	0.01196
0.18	0.0781	0.8763	0.1097	0.7651	0.1232	0.0339	0.0220
0.19	0.1039	0.9070	0.1152	0.7816	0.1321	0.0378	0.0245
0.20	0.1118	0.0273	0.1206	0.8000	0.1398	0.0418	0.0273
0.21	0.1189	0.9521	0.1259	0.8116	0.1472	0.0460	0.0301
0.22	0.1281	0.9764	0.1312	0.8245	0.1546	0.0503	0.0333
0.23	0.1365	1.0003	0.1364	0.8417	0.1622	0.0549	0.0369
0.24	0.1449	1.0230	0.1416	0.8442	0.1696	0.0597	0.0409
0.25	0.1535	1.0472	0.1466	0.8490	0.1771	0.0646	0.0452
0.26	0.1621	1.0701	0.1518	0.8773	0.1850	0.0697	0.0491
0.27	0.1711	1.0928	0.1566	0.8879	0.1926	0.0751	0.0497
0.28	0.1800	1.1152	0.1614	0.8980	0.2001	0.0805	0.0536
0.29	0.1890	1.1373	0.1662	0.9075	0.2084	0.0862	0.0571
0.30	0.1982	1.1593	0.1709	0.9165	0.2162	0.0921	0.0610
0.31	0.2074	1.1810	0.1755	0.9250	0.2242	0.0981	0.0650
0.32	0.2167	1.2025	0.1801	0.9330	0.2322	0.1044	0.0690
0.33	0.2260	1.2239	0.1848	0.9404	0.2401	0.1107	0.0736
0.34	0.2355	1.2451	0.1891	0.9474	0.2486	0.1172	0.0776
0.35	0.2450	1.2661	0.1935	0.9539	0.2568	0.1241	0.0820
0.36	0.2546	1.2870	0.1978	0.9600	0.2652	0.1310	0.0864
0.37	0.2642	1.3078	0.2020	0.9656	0.2736	0.1381	0.0909
0.38	0.2739	1.3284	0.2061	0.9708	0.2822	0.1453	0.0955
0.39	0.2836	1.3490	0.2102	0.9755	0.2908	0.1528	0.1000
0.40	0.2934	1.3694	0.2142	0.9798	0.2994	0.1603	0.1050
0.41	0.3032	1.3898	0.2181	0.9837	0.3082	0.1682	0.1100
0.42	0.3132	1.4101	0.2220	0.9871	0.3172	0.1761	0.1147
0.43	0.3239	1.4303	0.2257	0.9902	0.3262	0.1841	0.1190
0.44	0.3354	1.4505	0.2294	0.9928	0.3352	0.1927	0.1245
0.45	0.3478	1.4706	0.2331	0.9950	0.3446	0.2011	0.1298
0.46	0.3527	1.4907	0.2366	0.9968	0.3538	0.2098	0.1348
0.47	0.3627	1.5108	0.2400	0.9982	0.3634	0.2186	0.1401
0.48	0.3727	1.5308	0.2434	0.9992	0.3730	0.2275	0.1452
0.49	0.3827	1.5508	0.2467	0.9998	0.3828	0.2366	0.1505
0.50	0.3927	1.5708	0.2500	1.0000	0.3928	0.2459	0.1558
0.51	0.4027	1.5908	0.2531	0.9998	0.4028	0.2553	0.1610
0.52	0.4127	1.6108	0.2561	0.9992	0.4130	0.2650	0.1664
0.53	0.4227	1.6308	0.2591	0.9982	0.4231	0.2748	0.1715
0.54	0.4327	1.6509	0.2620	0.9968	0.4340	0.2848	0.1772
0.55	0.4426	1.6710	0.2649	0.9950	0.4448	0.2949	0.1835
0.56	0.4526	1.6911	0.2676	0.9928	0.4558	0.3051	0.1878
0.57	0.4625	1.7113	0.2703	0.9902	0.4670	0.3158	0.1923
0.58	0.4725	1.7315	0.2728	0.9871	0.4780	0.3263	0.1967
0.59	0.4822	1.7518	0.2753	0.9837	0.4892	0.3373	0.2011
0.60	0.4920	1.7722	0.2776	0.9798	0.5022	0.3484	0.2052
0.61	0.5018	1.7926	0.2797	0.9755	0.5144	0.3590	0.2146
0.62	0.5115	1.8132	0.2818	0.9708	0.5270	0.3710	0.2199
0.63	0.5212	1.8338	0.2839	0.9656	0.5398	0.3830	0.2252
0.64	0.5308	1.8546	0.2860	0.9600	0.5530	0.3945	0.2302
0.65	0.5404	1.8755	0.2881	0.9539	0.5666	0.4066	0.2358

d_c = diameter
 y = depth of flow
 A = water area
 P = wetted perimeter
 R = hydraulic radius
 T = top width
 D = hydraulic depth
 Z = A/\sqrt{D} = section factor for critical flow computation

8.4 Perhitungan

8.4.1 Data

1. Periode ulang : 1. drainasi pokok 25 tahun
2. drainasi permukaan 3 tahun

2.Data curah hujan :

Tabel 8.6 Data-data curah hujan

Tahun	Sta.1	Sta.2	Sta.3	Sta.4
	Ragunan (mm)	Kemayoran (mm)	Halim.PK (mm)	Serpong (mm)
1960	66	111	88	137
1961	95	147	87	110
1962	137	-	135	118
1963	104	122	71	120
1964	81	77	69	40
1965	157	125	88	80
1966	65	63	57	58
1967	90	85	65	97
1968	111	129	66	-
1969	80	67	72	107
1970	110	90	109	-
1971	110	100	71	129
1972	182	90	95	60
1973	130	143	-	70
1974	139	103	107	72
1975	93	64	107	80
1976	140	216	113	95
1977	157	330	56	93
1978	84	98	95	104
1979	76	44	117	71

Sumber : Badan Meteorology dan Geofisika

8.4.2 Melengkapi data yang hilang

Dari data-data curah hujan diatas, tampak ada beberapa data curah hujan yang hilang pada stasiun-stasiun pengamat yaitu :

1. data tahun 1962 , stasiun Kemayoran
2. data tahun 1968 , stasiun Serpong
3. data tahun 1970 , stasiun Serpong
4. data tahun 1973 , stasiun Halim Perdana Kusumah

Perhitungan untuk melengkapi data yang hilang adalah sebagai berikut :

A. Data hilang 1 :

stasiun Kemayoran , $N_x = 116 \text{ mm}$

data stasiun yang mengelilingi :

1. Ragunan $P_1 = 137 \text{ mm}$ $N_1 = 110,35 \text{ mm}$
2. Halim PK $P_2 = 135 \text{ mm}$ $N_2 = 87,78 \text{ mm}$
3. Serpong $P_3 = 118 \text{ mm}$ $N_3 = 91,17 \text{ mm}$

curah hujan stasiun Kemayoran pada tahun 1962 (P_x) :

$$P_x = 1/3 (116/110 . 137 + 116/87,78 . 135 + 116/91,17 . 118)$$

$$= 157,2 \text{ mm} \dots \dots \dots (8.1)$$

B. Data hilang 2

stasiun Serpong , $N_x = 91,17 \text{ mm}$

data stasiun yang mengelilingi :

1. Ragunan $P_1 = 111 \text{ mm}$ $N_1 = 110,35 \text{ mm}$
2. Kemayoran $P_2 = 129 \text{ mm}$ $N_2 = 116 \text{ mm}$
3. Halim PK $P_3 = 66 \text{ mm}$ $N_3 = 87,78 \text{ mm}$

curah hujan stasiun Serpong tahun 1968 (P_x)

$$P_x = 1/3 (91,17/110,35 \cdot 111 + 91,17/116 \cdot 129 + 91,17/87,78 \cdot 66)$$

$$= 87,21 \text{ mm} \dots\dots\dots(8.1)$$

C. Data hilang 3 :

stasiun Serpong , $N_x = 91,17 \text{ mm}$

data stasiun yang mengelilingi :

1. Ragunan $P_1 = 110 \text{ mm}$ $N_1 = 110,35 \text{ mm}$
2. Kemayoran $P_2 = 90 \text{ mm}$ $N_2 = 116 \text{ mm}$
3. Halim PK $P_3 = 109 \text{ mm}$ $N_3 = 87,78 \text{ mm}$

curah hujan stasiun Serpong tahun 1970 (P_x)

$$P_x = 1/3 (91,17/110,35 \cdot 110 + 91,17/116 \cdot 90 + 91,17/87,78 \cdot 109)$$

$$= 91,60 \text{ mm} \dots\dots\dots(8.1)$$

D. Data hilang 4 :

stasiun Serpong , $N_x = 87,78 \text{ mm}$

data stasiun yang mengelilingi :

1. Ragunan $P_1 = 130 \text{ mm}$ $N_1 = 110,35 \text{ mm}$
2. Kemayoran $P_2 = 143 \text{ mm}$ $N_2 = 116 \text{ mm}$
3. Halim PK $P_3 = 70 \text{ mm}$ $N_3 = 91,17 \text{ mm}$

curah hujan stasiun Serpong tahun 1973 (P_x)

$$P_x = 1/3 (87,78/110,35 \cdot 130 + 87,78/116 \cdot 143 + 87,78/91,17 \cdot 70)$$

$$= 93 \text{ mm} \dots\dots\dots(8.1)$$

8.4.3 Analisa Regresi

Setelah data-data yang hilang dilengkapi, dilakukan analisa regresi.

Hasilnya berupa persamaan linier. Rumus-rumus yang dipergunakan :

$$Y_t = -\ln(-\ln(1 - 1/Tr))$$

$$Tr = (n + 1) / m$$

Dengan : n = jumlah data

m = urutan nomor data

$$\bar{X} = \sum X_i / n$$

$$S_x = \sqrt{\sum (X_i - \bar{X})^2 / (n-1)}$$

Untuk n= 20 dari tabel 8.1 dan 8.2 diperoleh $Y_n = 0,5236$

$$S_n = 1,0628$$

Persamaan regresi :

$$X_T = \mu + 1/\alpha \cdot Y_t$$

$$= \bar{X} - 1/\alpha \cdot Y_n$$

$$1/\alpha = S_x / S_n$$

Contoh :

Diambil pada stasiun Ragunan

$$Tr = (20 + 1) / 1 \dots \dots \dots (8.2)$$

$$= 21$$

$$Y_t = -\ln(-\ln(1 - 1/21)) \dots \dots \dots (8.3)$$

$$= 3,02$$

$$\bar{X} = 2207 / 20 \dots \dots \dots (8.4)$$

$$= 110,35 \text{ mm}$$

$$S_x = 33,21 \dots \dots \dots (8.5)$$

$$1 / \alpha = 33,21 / 1,0628 \dots \dots \dots (8.6)$$

$$= 31, 247$$

$$X_T = 110,35 - 31,247 \cdot 0,5236 \dots \dots \dots (8.7)$$

$$= 93, 989$$

Tabel 8.7 Perhitungan Regresi

m	Yt	Sta 1 Ragunan Xi (mm)	Sta 2 Kemayoran Xi (mm)	Sta 3 Halim.PK Xi (mm)	Sta 4 Serpong Xi (mm)	Regresi Gabunga Xi (mm)
1	3,02	71,65	330	135	137	330
2	2,03	46,65	216	117	129	216
3	1,87	46,65	157	113	120	182
4	1,55	29,65	147	109	118	157
5	1,30	28,65	143	107	110	157
6	1,01	26,65	129	107	107	157
7	0,90	19,65	125	95	104	147
8	0,73	0,65	122	95	97	143
9	0,58	-0,35	111	93	95	140
10	0,44	-0,35	103	88	93	139
11	0,30	-6,35	100	88	91	137
12	0,17	-15,35	98	87	87	137
13	0,04	-17,35	90	72	80	135
14	-0,09	-20,35	90	71	80	130
15	-0,22	-26,35	85	71	72	129
16	-0,36	-29,35	77	69	71	129
17	-0,51	-30,35	67	66	70	125
18	-0,67	-34,35	64	65	60	125
19	-0,85	-44,35	63	57	58	120
20	-1,11	-45,35	44	56	40	118

Lanjutan tabel 8.7

	ΣX_i	2207	2361	1761	1819	3053
	\bar{X}	110,35	118,05	88,05	90,95	152,65
	S_x	33,21	63,691	21,951	25,218	47,619
	$1/\alpha$	31,247	59,298	20,654	23,728	44,806
	μ	93,989	86,672	77,236	78,526	129,190

Persamaan Regresi :

3. Sta. Ragunan : $X_T = 93,989 + 31,247 \cdot Y_t$
4. Sta Halim PK : $X_T = 77,236 + 20,654 \cdot Y_t$
5. Sta. Kemayoran : $X_T = 86,672 + 59,928 \cdot Y_t$
6. Sta. Serpong : $X_T = 78,526 + 23,728 \cdot Y_t$
7. Gabungan : $X_T = 129,190 + 44,806 \cdot Y_t$

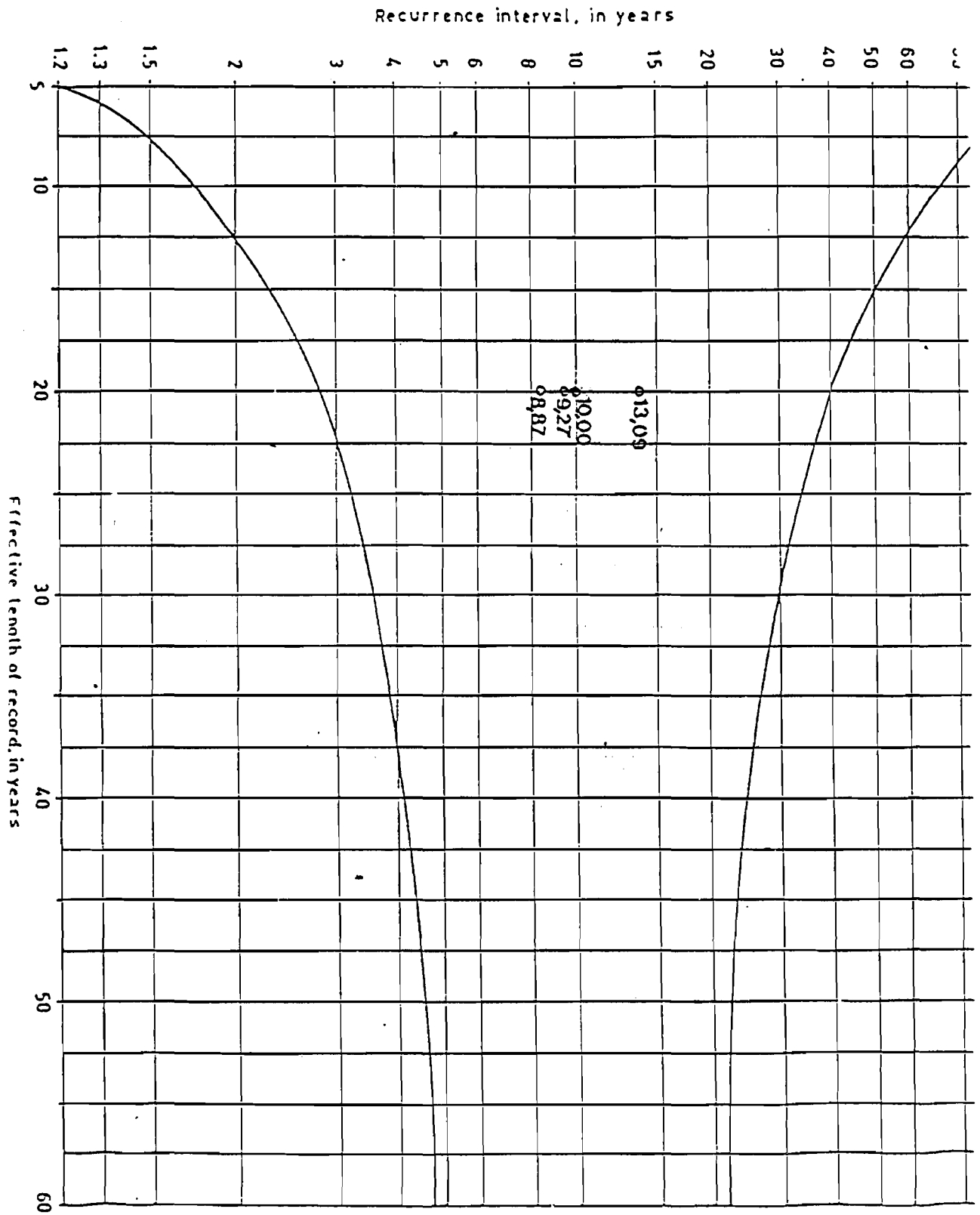
8.4.4 Test Homogenitas

Sifat homogen dari data-data curah hujan pada stasiun-stasiun pengamat dilakukan dengan test Homogenitas Langbein. Hasil dari test homogenitas ini dapat dilihat pada tabel 8.8 dan gambar 8.4 dan ternyata hasilnya menunjukkan bahwa sifat hujan di DKI Jakarta adalah homogen.

Tabel 8.8 Hasil test Homogenitas

Stasiun	a	b	c	d	e	f	g
Ragunan	20	10	110,35	2,20	4,54	4,03	8,87
Kemayoran	20	10	118,05	2,30	4,35	4,03	9,27
Halim PK	20	10	88,05	3,25	3,07	4,03	13,09
Serpong	20	10	90,95	2,40	4,17	4,03	10,00

Gambar 8/4 Grafik Test Homogenitas



Keterangan :

a = jumlah tahun pengamatan

b = periode ulang

c = nilai rata-rata curah hujan harian maksimum

d = periode ulang dari (c) diperoleh dari grafik

e = b / d

f = nilai rata-rata dari e

g = $d \times f$

8.4.5 Analisis Regresi Gabungan

Analisis regresi gabungan bisa dilakukan karena hasil dari test homogenitas menunjukkan keseragaman. Perhitungan regresi gabungan ini dapat dilihat pada tabel 8.6 dan grafik 8.2.

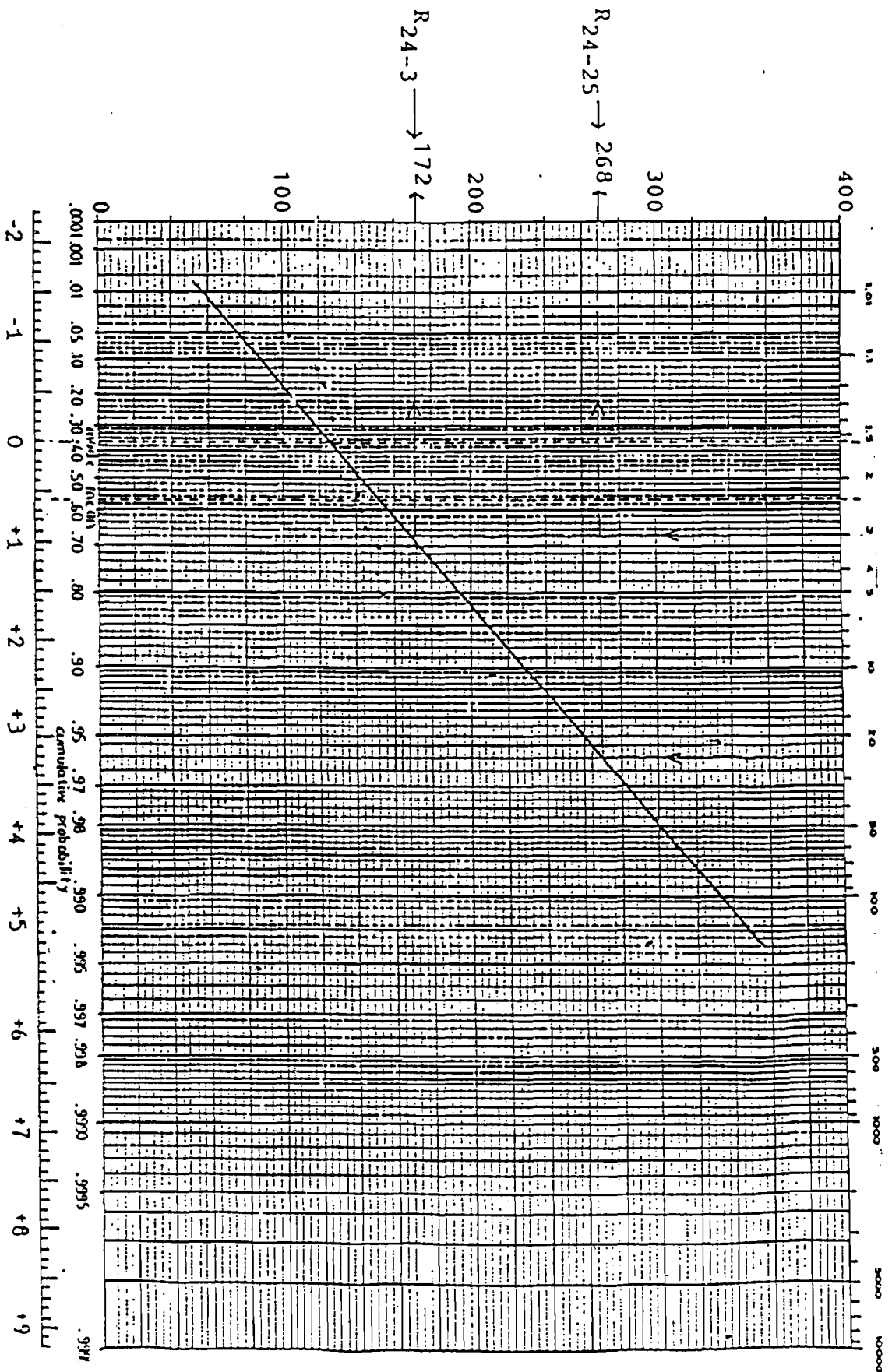
8.4.6 Lengkung Intensitas Hujan (IDC)

Data intensitas yang tercatat adalah data dari stasiun Halim Perdana Kusumah. Data ini dapat digunakan untuk wilayah DKI Jakarta karena curah hujan di DKI Jakarta menunjukkan keseragaman. Data-data yang dipakai untuk menentukan Lengkung Intensitas Hujan adalah pada tabel dibawah ini.

Tabel 8.9 Data Intensitas Hujan pada stasiun pengamat Halim Perdana Kusumah

Durasi hujan (menit)	5	10	15	20	45	60	120	180	360	720
Intensitas (mm/jam)	338,4	273,6	200	214	106,2	90,5	53,4	30,4	21,9	15

Gambar 8. Analisis Regresi Gabungan



Untuk mencari persamaan lengkung intensitas hujan, maka dipilih satu persamaan yang memberikan simpangan rata-rata terendah.

Perhitungannya adalah sebagai berikut :

a. Menentukan nilai-nilai a dan b

TALBOT

Tabel 8.10 Data perhitungan nilai a dan b Talbot

NO	T	I	I x t	I ²	I ² x t
1	5	338,4	1692,0	114514,6	572572,8
2	10	273,6	2376,0	56453,8	564537,6
3	15	200,0	3000,0	40000,0	600000,0
4	20	214,2	4284,0	45881,6	917632,8
5	45	106,2	4779,0	11278,4	507529,8
6	60	90,5	5430,0	8190,3	491415,0
7	120	53,4	6408,0	2851,6	342187,2
8	180	30,4	5472,0	924,2	166348,8
9	360	21,9	7884,0	476,6	172659,6
10	720	15,5	11160,0	240,3	172980,0
Jumlah		1308,1	52485,0	280814,2	4507863,6

$$a = \frac{(I \cdot t)(I^2) - (I^2 \cdot t)(I)}{N(I^2) - (I)^2} \dots\dots\dots(8.20)$$

$$a = \frac{52.485 \cdot 280.814,2 - 4.507.863,6 \cdot 1.038,1}{10 \cdot 280.814,2 - 1.038,1 \cdot 1.308,1}$$

$$b = \frac{(I)(I \cdot t) - (I^2 \cdot t) \cdot N}{N(I^2) - (I)^2} \dots\dots\dots(8.21)$$

$$b = \frac{1.308,1 \cdot 52.485,0 - 4.507.863,6 \cdot 10}{10 \cdot 280.814,2 - 1.308,1 \cdot 1.308,1}$$

$$b = 21,492$$

SHERMAN

Tabel 8.11 Data perhitungan nilai a dan b Sherman

No	t	I	Log t	Log I	Log I x log t	(log t) ²
1	5	338,4	0,699	2,529	1,768	0,489
2	10	273,6	1,000	2,376	2,376	1,000
3	15	200,0	1,176	2,301	2,301	1,383
4	20	214,2	1,301	2,332	3,034	1,693
5	45	106,2	1,653	2,026	3,349	2,733
6	60	90,5	1,778	1,957	3,479	3,162
7	120	53,4	2,079	1,728	3,592	4,323
8	180	30,4	2,255	1,483	3,443	5,086
9	360	21,9	2,556	1,340	3,427	6,535
10	720	15,5	2,857	1,190	3,401	8,164
Jumlah		1308,1	17,356	19,262	30,476	34,568

$$\text{Log } a = \frac{(\log I)(\log t)^2 - (\log t \cdot \log I)(\log I)}{N \{ (\log t)^2 \} - (\log t)(\log t)} \dots \dots \dots (8.22)$$

$$\text{Log } a = \frac{19,262 \cdot 34,568 - 30,476 \cdot 17,356}{10 \cdot 34,568 - 17,356 \cdot 17,356} = 3,0792$$

$$a = 1200,0123$$

$$n = \frac{(\log I)(\log t) - N(\log t \cdot \log I)}{N \{ (\log t)^2 \} - (\log t)(\log t)} \dots \dots \dots (8.23)$$

$$n = \frac{19,262 \cdot 17,356 - 10 \cdot 30,476}{10 \cdot 34,576 - 17,356 \cdot 17,356}$$

$$n = 0,6643$$

ISHIGURO

Tabel 8. 12 Data perhitungan nilai a dan b Ishiguro

No	t	I	I ²	t	I ² . t	I . t
1	5	338,4	114514,6	2,236	256062,341	756,685
2	10	273,6	56453,8	3,162	178522,464	751,357
3	15	200,0	40000,0	3,876	154919,334	774,597
4	20	214,2	45881,6	4,472	205955,993	959,720
5	45	106,2	11278,4	6,708	75658,076	712,411
6	60	90,5	8190,3	7,746	63441,404	701,010
7	120	53,4	2851,6	10,955	31237,275	584,968
8	180	30,4	924,2	13,416	12398,908	407,859
9	360	21,9	476,6	18,974	9099,959	415,523
10	720	15,5	240,3	26,833	6446,584	415,909
Jumlah		1308,1	280814,2	98,375	993742,337	6480,039

$$a = \frac{(I.t)(I^2) - (I^2.t)(I)}{N(I^2) - (I)^2} \dots\dots\dots(8.24)$$

$$a = \frac{6480,039 \cdot 280814,2 - 993742,337 \cdot 1308,1}{10 \cdot 280814,2 - 1308,1 \cdot 1308,1}$$

$$a = 474,263$$

$$b = \frac{(I)(I.t) - N(I^2.t)}{N(I^2) - (I)^2} \dots\dots\dots(8.25)$$

$$b = \frac{1308,1 \cdot 6480,039 - 10 \cdot 993742,337}{10 \cdot 280814,2 - 1308,1^2}$$

$$b = -1,3268$$

Dari ketiga perhitungan diatas diperoleh persamaan-persamaan :

1. Talbot :

$$I = 8059,858 / t + 21,492 \dots \dots \dots (8.8)$$

2. Sherman :

$$I = 1200,2626 / t^{0,6643} \dots \dots \dots (8.9)$$

3. Ishiguro :

$$I = 474,2626 / t - 1,3268 \dots \dots \dots (8.10)$$

8.4.7 Pemilihan Persamaan IDC

Dari ketiga persamaan yang diperoleh, dipilih persamaan yang mendekati bentuk lengkung yang sebenarnya sesuai data intensitas curah hujan (I) stasiun Halim Perdana Kusumah.

Simpangan masing-masing persamaan terhadap bentuk IDC Halim Perdana Kusumah diperhitungkan sebagai berikut :

$$S = \sqrt{\Sigma (I - I) / N - 1} \dots \dots \dots (8.26)$$

Dengan : I = intensitas curah hujan stasiun Halim Perdana Kusumah

I = intensitas hujan dari ketiga persamaan-persamaan yang diperoleh

N = jumlah data

Persamaan yang dipilih adalah yang mempunyai simpangan terkecil.

Perhitungan dan hasilnya ditunjukkan pada tabel 8.9.

Untuk periode ulang 3 tahun dan 25 tahun, persamaan intensitas talbot perlu dikoreksi sebagai berikut :

dari data grafik 8.7 :

$$R_{24-3th} = 172 \text{ mm} \longrightarrow I_{3th} = 38,7 \text{ mm / jam}$$

$$R_{24-25th} = 268 \text{ mm} \longrightarrow I_{25th} = 60,3 \text{ mm / jam}$$

$$I_{3th} = a / t + 21,492 = 38,7 \longrightarrow a = 10119,737$$

$$I_{25th} = a / t + 21,492 = 60,3 \longrightarrow a = 15767,963$$

Jadi persamaan IDC untuk periode ulang 3 tahun dan 25 tahun adalah :

$$I_{3th} = 10119,737 / t + 21,492$$

$$I_{25th} = 15767,963 / t + 21,492$$

Tabel 8.13 Perhitungan Simpangan Rata-Rata dari persamaan lengkung Intensitas

Hujan

No	t	I	i	(I-i) ²	i	(I-i) ²	I	(I-i) ²
1	5	338,4	304,2384	1167,02	411,9391	5407,9992	129,1153	43800,0874
2	10	237,6	255,9342	336,14	259,9245	498,3828	54,6816	33459,1540
3	15	200,0	220,8669	435,43	198,5468	2,1117	34,6856	37328,8407
4	20	214,2	194,2513	397,95	164,0066	2519,3752	25,3981	35646,1676
5	45	106,2	121,2156	225,47	95,6958	110,3378	10,8694	9089,8382
6	60	90,5	98,938	70,62	79,0481	131,1463	8,0831	6792,5413
7	120	53,4	56,9634	12,70	49,8776	12,4073	3,9964	2440,7181
8	180	30,4	40,0009	92,18	38,0997	59,2851	2,6544	769,8207
9	360	21,9	21,1272	0,60	24,0401	4,5799	1,3223	423,4430
10	720	15,5	10,8698	21,44	15,1687	0,1097	0,6599	220,2281
		1308,1	1324,3714	2759,54	1336,3471	8745,7349	271,4560	159970,8392

Dari tabel diatas diperoleh besarnya simpangan dari ketiga persamaan :

1. Talbot

$$S = 17.510448$$

2. Sherman

$$S = 31,1728780302$$

3. Ishiguro

$$S = 133,3211825$$

Dari ketiga hasil diatas maka simpangan terkecil adalah dari hasil perhitungan Talbot, sehingga persamaan Talbot dipilih untuk membuat lengkung IDC.

Dari persamaan yang dipilih untuk persamaan IDC yaitu persamaan Talbot dapat dibuat lengkung IDC. Adapun data-data untuk membuat lengkung IDC dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 8.14 Data-data lengkung IDC

T (menit)	Intensitas Curah Hujan (mm/jam)	
	I 3th	I 25th
5	382,021	595,242
10	321,363	500,729
15	277,329	432,117
20	243,908	380,042
45	152,199	237,148
60	124,184	193,496
120	71,523	111,442
180	50,224	78,257
360	26,527	41,333
720	13,648	21,265

Contoh perhitungan :

Diambil $t = 5$ menit, dari persamaan Talbot

$$I_{3\text{th}} = 10119,737 / t + 21,492$$

$$= 10119,737 / 5 + 21,492$$

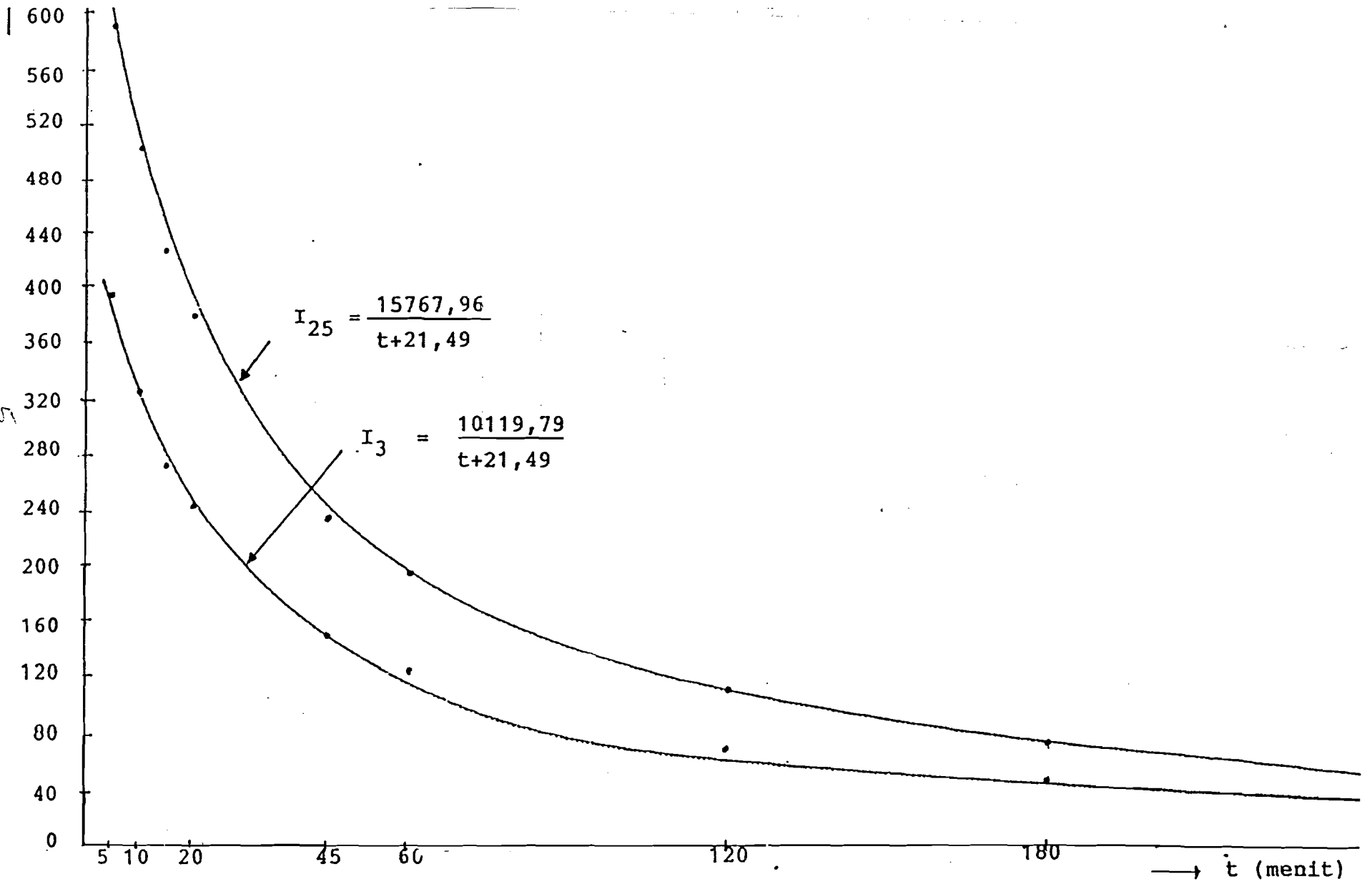
$$= 382,021 \text{ mm / jam}$$

$$I_{25\text{th}} = 15767,963 / t + 21,492$$

$$= 15767,963 / 5 + 21,492$$

$$= 595,242 \text{ mm /jam}$$

Gambar 8.6 IDC rencana



8.5 Evaluasi Fasilitas Drainasi

8.5.1 Drainasi Permukaan pada Jalan Layang

Penampang fasilitas drainasi pada jalan layang adalah lingkaran dan dibuat dari pipa "PVC". "Lay Out" dan dimensinya dapat dilihat pada lampiran 6 dan 7.

Evaluasi akan dilakukan pada penampang P-4 , P-8 dan P-12.

a. Penampang P-4 :

$$\text{Aspal : } A = 20 \cdot 13,30 \text{ m}^2 = 305,6 \text{ m}^2 = 3,06 \cdot 10^{-4} \text{ km}^2$$

$$n = 0,013$$

$$S_o = 0,04 \quad ; \quad S = 0,023$$

$$L_{df} = 22,975 \text{ m} \quad ; \quad L_{of} = 13,30 \text{ m}$$

$$C = 0,9 \quad ; \quad V = 0,6 \text{ m/detik}$$

$$t_{of} = (2/3 \cdot 3,28 \cdot 13,30 \cdot 0,013 / (0,04))^{1/6} \dots\dots\dots(8.13)$$

$$= 1,11 \text{ menit}$$

$$t_{df} = 22,975 / (60 \cdot 0,6) = 0,64 \text{ menit} \dots\dots\dots(8.14)$$

$$t_c = t_{of} + t_{df} = 1,75 \text{ menit} \dots\dots\dots(8.15)$$

karena $t_c < 5$ menit, maka diambil $t_c = 5$ menit

$$I = 10119,73 / 5 + 21,492$$

$$= 382,02 \text{ mm / jam}$$

$$Q_d = 0,278 C \cdot I \cdot A \dots\dots\dots(8.11)$$

$$= 0,278 \cdot 0,9 \cdot 382,02 \cdot 3,06 \cdot 10^{-4}$$

$$= 0,029 \text{ m}^3 / \text{detik}$$

Penampang pipa horizontal :

$$AR^{2/3} = Q \cdot n / S^{1/2} \dots\dots\dots(8.19)$$

$$= 0,029 \cdot 0,013 / 0,023^{1/2}$$

$$= 0,0025$$

$$d_o = 25 \text{ cm} ;$$

$$AR^{2/3} / d_o = 0,0025 / (0,25)^{8/3}$$

$$= 0,1008$$

dari tabel 8.5

$$AR^{2/3} / d_o^{8/3} = 0,1008 \text{ diperoleh } y / d_o = 0,385$$

$$Y = 0,385 \cdot d_o = 0,385 \cdot 25 = 9,625 \text{ cm}$$

Dari hasil tersebut maka penampang diameter 25 cm dapat digunakan.

Penampang pipa vertikal :

$$Q_p = C \cdot 2 \cdot R \cdot H^{3/2} \dots\dots\dots(8.17)$$

$$\text{Ambil } H = y = 9,625 \text{ cm} = 0,316 \text{ ft}$$

$$R = 0,5 d ; d = 25 \text{ cm} ; H / R = 0,773$$

Dari gambar 8.3 diperoleh harga $C = 2,66$

Sehingga :

$$Q_p = 2,66 \cdot 2 \cdot 0,409 \cdot (0,316)^{3/2}$$

$$= 1,214 \text{ cfs} = 0,0344 \text{ m}^3 / \text{detik}$$

kontrol :

$$Q_d (0,029 \text{ m}^3 / \text{detik}) < Q_p (0,034 \text{ m}^3 / \text{detik}) \dots\dots\dots \text{OK}$$

b. Penampang P-8 :

$$\text{Aspal : } A = 13,30 \cdot 32,5 \text{ m}^2 = 432,25 \text{ m}^2 = 4,3206 \cdot 10^{-4} \text{ km}^2$$

$$n = 0,013$$

$$S_o = 0,04 \quad ; \quad S = 0,015$$

$$L_{df} = 32,5 \text{ m} \quad ; \quad L_{of} = 13,30 \text{ m}$$

$$C = 0,9 \quad ; \quad V = 0,6 \text{ m/detik}$$

$$t_{of} = (2/3 \cdot 3,28 \cdot 13,30 \cdot 0,013 / (0,04))^{1/5} \dots\dots\dots (8.13)$$

$$= 1,11 \text{ menit}$$

$$t_{df} = 32,5 / (60 \cdot 0,6) = 0,90 \text{ menit} \dots\dots\dots (8.14)$$

$$t_c = t_{of} + t_{df} = 2,01 \text{ menit} \dots\dots\dots (8.12)$$

karena $t_c < 5$ menit, maka diambil $t_c = 5$ menit

$$I = 10119,73 / 5 + 21,492$$

$$= 382,02 \text{ mm / jam}$$

$$Q_d = 0,278 C \cdot I \cdot A \dots\dots\dots (8.11)$$

$$= 0,278 \cdot 0,9 \cdot 382,02 \cdot 4,32 \cdot 10^{-4}$$

$$= 0,0413 \text{ m}^3 / \text{detik}$$

Penampang pipa horizontal :

$$AR^{2/3} = Q \cdot n / S^{1/2} \dots\dots\dots (8.19)$$

$$= 0,0413 \cdot 0,013 / 0,015^{1/2}$$

$$= 0,0043$$

$$d_o = 25 \text{ cm} ;$$

$$AR^{2/3} / d_o = 0,0043 / (0,25)^{8/3}$$

$$= 0,1734$$

dari tabel 8.5

$$AR^{2/3} / d_o^{8/3} = 0,1734 \text{ diperoleh } y / d_o = 0,536$$

$$Y = 0,536 \cdot d_o = 0,536 \cdot 25 = 13,4 \text{ cm}$$

Dari hasil tersebut maka penampang diameter 25 cm dapat digunakan.

Penampang pipa vertikal :

$$Q_p = C \cdot 2 \cdot R \cdot H^{3/2} \dots\dots\dots(8.17)$$

$$\text{Ambil } H = y = 13,4 \text{ cm} = 0,439 \text{ ft}$$

$$R = 0,5 d ; d = 12,5 \text{ cm} ; H/R = 1,073$$

Dari gambar 8.3 diperoleh harga $C = 2,12$

Sehingga :

$$Q_p = 2,12 \cdot 2 \cdot 0,409 \cdot (0,409)^{3/2}$$

$$= 1,585 \text{ cfs} = 0,045 \text{ m}^3 / \text{detik}$$

kontrol :

$$Q_d (0,0413 \text{ m}^3 / \text{detik}) < Q_p (0,045 \text{ m}^3 / \text{detik}) \dots\dots\dots \text{OK}$$

b. Penampang P-12 :

$$\text{Aspal : } A = 22,875 \cdot 13,30 \text{ m}^2 = 304,2375 \text{ m}^2 = 3,04 \cdot 10^{-4} \text{ km}^2$$

$$n = 0,013$$

$$S_o = 0,047 \quad ; \quad S = 0,04$$

$$L_{df} = 22,875 \text{ m} \quad ; \quad L_{of} = 13,30 \text{ m}$$

$$C = 0,9 \quad ; \quad V = 0,6 \text{ m/detik}$$

$$t_{of} = (2/3 \cdot 3,28 \cdot 13,30 \cdot 0,013 / (0,04))^{1/6} \dots\dots\dots(8.13)$$

$$= 1,11 \text{ menit}$$

$$t_{df} = 22,875 / (60 \cdot 0,6) = 0,63 \text{ menit} \dots\dots\dots(8.14)$$

$$t_c = t_{of} + t_{df} = 1,74 \text{ menit} \dots\dots\dots(8.12)$$

karena $t_c < 5$ menit, maka diambil $t_c = 5$ menit

$$I = 10119,73 / 5 + 21,492$$

$$= 382,02 \text{ mm / jam}$$

$$Q_d = 0,278 C \cdot I \cdot A \dots\dots\dots(8.11)$$

$$= 0,278 \cdot 0,9 \cdot 382,02 \cdot 3,04 \cdot 10^{-4}$$

$$= 0,0291 \text{ m}^3 / \text{detik}$$

Penampang pipa horizontal :

$$AR^{2/3} = Q \cdot n / S^{1/2} \dots\dots\dots(8.19)$$

$$= 0,0291 \cdot 0,013 / 0,047^{1/2}$$

$$= 0,00175$$

$$d_o = 25 \text{ cm} ;$$

$$\begin{aligned} AR^{2/3} / d_o &= 0,0175 / (0,25)^{8/3} \\ &= 0,0706 \end{aligned}$$

dari tabel 8.5

$$AR^{2/3} / d_o^{8/3} = 0,0706 \text{ diperoleh } y / d_o = 0,324$$

$$Y = 0,324 \cdot d_o = 0,324 \cdot 25 = 8,1 \text{ cm}$$

Dari hasil tersebut maka penampang diameter 25 cm dapat digunakan.

4. penampang pipa vertikal :

$$Q_p = C \cdot 2 \cdot R \cdot H^{3/2} \dots\dots\dots(8.17)$$

$$\text{Ambil } H = y = 8,1 \text{ cm} = 0,265 \text{ ft}$$

$$R = 0,5 d ; d = 12,5 \text{ cm} ; H / R = 0,647$$

Dari gambar 8.3 diperoleh harga $C = 3,1$

Sehingga :

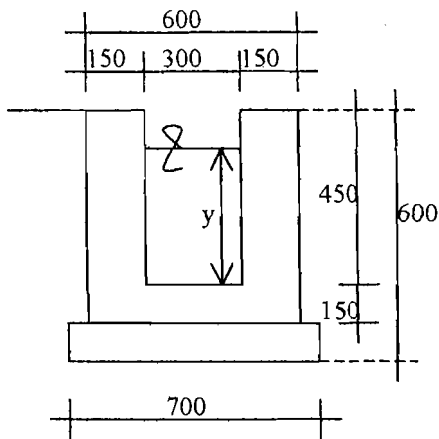
$$\begin{aligned} Q_p &= 2,12 \cdot 2 \cdot 0,409 \cdot (0,265)^{3/2} \\ &= 1,086 \text{ cfs} = 0,0308 \text{ m}^3 / \text{detik} \end{aligned}$$

kontrol :

$$Q_d (0,0291 \text{ m}^3 / \text{detik}) < Q_p (0,0308 \text{ m}^3 / \text{detik}) \dots\dots\dots \text{OK}$$

8.5.2 Drainasi Permukaan pada Persimpangan Sebidang

Pihak Perencana (PCI) telah merancang drainasi permukaan untuk persimpangan sebidang. Bentuk penampang dan dimensinya adalah sebagai berikut :



Type DS-1

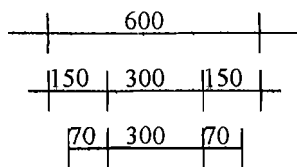
Pada penampang 3

Asumsi : tinggi jagaan 25 %

$$y = 75 \% \cdot 45 = 33,75 \text{ cm}$$

$$A = 33,75 \cdot 30 = 1012,5 \text{ cm}^2$$

$$P = 30 + 2 y = 97,5 \text{ cm}$$



Type DS-2

Pada penampang 1,2,4,5

Asumsi : tinggi jagaan 25 %

$$y = 75 \% \cdot 50 = 37,5 \text{ cm}$$

$$A = 37,5 \cdot 30 = 1125 \text{ cm}^2$$

$$P = 30 + 2 y = 105 \text{ cm}$$

Evaluasi dilakukan pada penampang-penampang 1,2,3,4 dan 5 (lihat lampiran 8) dengan dimensi seperti tersebut diatas.

a. Penampang 1 :

Data-data penampang

Tanah rumput	Aspal	Saluran
$L_{of1} = 4,8 \text{ m}$	$L_{of2} = 8,5 \text{ m}$	$L_{df} = 87,5 \text{ m}$
$n_1 = 0,002$	$n_2 = 0,013$	$S_o = 2 \%$
$C_1 = 0,6$	$C_2 = 0,9$	

Debit saluran :

$$\text{tipe saluran DS-2} : A = 1125 \text{ cm}^2 = 0,1125 \text{ m}^2$$

$$P = 105 \text{ cm}^2 = 1,05 \text{ m}$$

$$n = 0,012 \text{ (saluran beton)}$$

$$S = 0,7 \%$$

$$R = A / P = 0,1125 / 1,05 = 0,11$$

$$V = 1/n \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2}$$

$$= 1/0,012 \cdot 0,11^{2/3} \cdot 0,007^{1/2}$$

$$= 1,5 \text{ m/det (kec. Aliran air yang diizinkan untuk beton)}$$

$$Q_s = A \cdot V$$

$$= 0,1125 \cdot 1,5$$

$$= 0,19 \text{ m}^3/\text{det}$$

Debit rencana :

$$A_1 = 87,5 \cdot 4,8 = 420 \text{ m}^2 = 4,2 \cdot 10^{-4} \text{ km}^2$$

$$A_2 = 87,5 \cdot 8,5 = 743 \text{ m}^2 = 7,4 \cdot 10^{-4} \text{ km}^2$$

$$t_{of1} = \left[\frac{2}{3} \cdot 3,28 \frac{4,8 \cdot 0,02}{0,02} \right]^{1/6} = 1,06 \text{ menit}$$

$$t_{of2} = \left[\frac{2}{3} \cdot 3,28 \frac{8,3 \cdot 0,013}{0,02} \right]^{1/6} = 1,09 \text{ menit}$$

$$t_{of} = t_{of1} + t_{of2} = 2,15 \text{ men}$$

$$t_{df} = 87,5 / (60 \cdot V) = 87,5 / (60 \cdot 0,6) = 2,41 \text{ menit}$$

$$t_c = t_{of} + t_{df} = 2,15 + 2,41 = 4,56 \text{ menit}$$

$$I = 10119,73 / (t_c + 21,49) = 388,47 \text{ mm / jam}$$

$$Q_d = 0,278 \cdot I \cdot (\sum C_i \cdot A_i) \dots \dots \dots (8.11)$$

$$= 0,278 \cdot 388,47 \cdot (0,6 \cdot 4,2 \cdot 10^{-4} + 0,9 \cdot 7,4 \cdot 10^{-4})$$

$$= 0,099 \text{ m}^3 / \text{det}$$

Pemeriksaan

$$Q_d (0,099 \text{ m}^3 / \text{det}) < Q_s (0,19 \text{ m}^3 / \text{det}) \dots \dots \dots \text{OK}$$

Penampang 2 :

Aspal

$$L_{of} = 12 \text{ m}$$

$$S_1 = 2 \%$$

$$n_1 = 0,013$$

$$C_1 = 0,9$$

Saluran

$$L_{df} = 150 \text{ m}$$

$$S_2 = 0,002$$

$$n_2 = 0,012$$

$$C_2 = 0,9$$

Debit saluran :

tipe saluran DS - 2 \longrightarrow $Q_s = 0,19 \text{ m}^3 / \text{det}$

Debit rencana :

$$A_1 = 12 \cdot 150 = 1800 \text{ m}^2 = 18 \cdot 10^{-4} \text{ km}^2$$

$$t_{of1} = \left[\frac{2}{3} \cdot 3,28 \cdot \frac{12 \cdot 0,013}{0,02} \right]^{1/6} = 0,789 \text{ men}$$

$$t_{df} = 150 / (60 \cdot V) = 150 / (60 \cdot 0,6) = 4,17 \text{ menit}$$

$$t_c = t_{of1} + t_{df} = 0,789 + 4,17 = 4,959 \text{ menit}$$

$$I = 10119,73 / (t_c + 21,49) = 354,46 \text{ mm / jam}$$

$$Q_d = 0,278 \cdot I \cdot (\sum C_i \cdot A_i) \dots \dots \dots (8.11)$$

$$= 0,278 \cdot 354,46 \cdot (0,9 \cdot 1,8 \cdot 10^{-4})$$

$$= 0,05 \text{ m}^3 / \text{det}$$

Pemeriksaan

$$Q_d (0,05 \text{ m}^3 / \text{det}) < Q_s (0,27 \text{ m}^3 / \text{det}) \dots \dots \text{ OK}$$

Penampang 3 :
Median (rumput)

$$L_{of1} = 13,45 \text{ m}$$

$$So_1 = 2 \%$$

$$n_1 = 0,02$$

$$C_1 = 0,6$$

$$A_1 = 67,5 \times 13,45 = 907,8 \text{ m}^2$$

$$= 9,07 \cdot 10^{-4} \text{ km}^2$$

Aspal

$$L_{of2} = 13,3 \text{ m}$$

$$So_2 = 2 \%$$

$$n_2 = 0,013$$

$$C_2 = 0,9$$

$$A_2 = 67,5 \times 13,30 = 897,7 \text{ m}^2$$

$$= 8,97 \cdot 10^{-4} \text{ km}^2$$

Debit saluran :

tipe saluran DS - 1 : $A = 1012,5 \text{ cm}^2 = 0,10125 \text{ m}^2$
 $P = 97,5 \text{ cm} = 0,975 \text{ m}$

$$n = 0,012$$

$$S = 0,5 \%$$

$$L_{df} = 138 \text{ m}$$

$$R = A / P = 0,10125 / 0,975 = 0,104 \text{ m}$$

$$Q_s = 1/n \cdot A \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2}$$

$$= 1/0,012 \cdot 0,10125 \cdot 0,105^{2/3} \cdot 0,005^{1/2}$$

$$= 0,13 \text{ m}^3 / \text{detik}$$

Debit rencana :

$$t_{of1} = \left[\frac{2}{3} \cdot 3,28 \cdot \frac{13,45 \cdot 0,02}{0,02} \right]^{1/6} = 4,16 \text{ menit}$$

$$t_{of2} = \left[\frac{2}{3} \cdot 3,28 \cdot \frac{13,3 \cdot 0,013}{0,02} \right]^{1/6} = 2,67 \text{ menit}$$

$$t_c = t_{of1} + t_{of2} = 6,83 \text{ menit}$$

$$t_{df} = L_{df} / (60 \cdot V) = 138 / (60 \cdot 0,6) = 3,83 \text{ menit}$$

$$t_c = t_{of} + t_{df} = 6,83 + 3,83 = 10,66 \text{ menit}$$

$$I = 10119,73 / (t_c + 21,49) = 314,7 \text{ mm / jam}$$

$$Q_d = 0,278 \cdot I \cdot (\sum C_i \cdot A_i) \dots\dots\dots(8.11)$$

$$= 0,278 \cdot 314,7 \cdot (0,6 \cdot 9,07 \cdot 10^{-4} + 0,9 \cdot 8,97 \cdot 10^{-4})$$

$$= 0,121 \text{ m}^3/\text{det}$$

Pemeriksaan

$$Q_d (0,121 \text{ m}^3 / \text{det}) < Q_s (0,132 \text{ m}^3 / \text{det}) \dots\dots\dots \text{OK}$$

d. penampang 4 :

$$\text{aspal : } L_{of} = 8,5 \text{ m}$$

$$S_o = 2 \%$$

$$N = 0,013$$

$$A = 150 \cdot 8,5 = 1275 \text{ m}^2 = 12,75 \cdot 10^{-4} \text{ km}^2$$

Debit saluran :

$$\text{tipe saluran DS - 2 : } Q_r = 0,19 \text{ m}^3 / \text{detik}$$

$$L_{df} = 150 \text{ m}$$

Debit Rencana :

$$t_{of} = \left[\frac{2}{3} \cdot 3,28 \cdot 8,5 \cdot \frac{0,013}{0,02} \right]^{1/6} = 1,09 \text{ menit}$$

$$t_{df} = 150 / (60 \cdot V) = 150 / (60 \cdot 0,6) = 4,17 \text{ menit}$$

$$t_c = t_{of} + t_{df} = 1,09 + 4,17 = 5,26 \text{ menit}$$

$$I = 10119,73 / (t_c + 21,49) = 378,3 \text{ mm / jam}$$

$$Q_d = 0,278 \cdot I \cdot (\sum C_i \cdot A_i) \dots\dots\dots(8.11)$$

$$= 0,278 \cdot 378,3 \cdot (0,9 \cdot 12,75 \cdot 10^{-4})$$

$$= 0,12 \text{ m}^3 / \text{detik}$$

pemeriksaan :

$$Q_d (0,12 \text{ m}^3 / \text{detik}) < Q_s (0,19 \text{ m}^3 / \text{detik}) \dots\dots\dots \text{OK}$$

e. Penampang 5 :

Median (rumput)

Aspal

$$L_{of1} = 13,30 \text{ m}$$

$$L_{of2} = 13,45 \text{ m}$$

$$S_{o1} = 2\%$$

$$S_{o2} = 2\%$$

$$n_1 = 0,013$$

$$n_2 = 0,02$$

$$C_1 = 0,9$$

$$C_2 = 0,6$$

$$A_1 = 97,5 \times 13,30 = 12,96 \cdot 10^{-4} \text{ km}^2$$

$$A_2 = 97,5 \times 13,45 = 13,11 \cdot 10^{-4} \text{ km}^2$$

Debit saluran :

tipe saluran DS - 2 :

$$Q_s = 0,19 \text{ m}^3 / \text{detik}$$

$$L_{df} = 97,5 \text{ m}$$

Debit rencana :

$$t_{of1} = \left[\frac{2}{3} \cdot 3,28 \cdot 13,30 \frac{0,013}{0,02} \right]^{1/6} = 1,17 \text{ menit}$$

$$t_{of2} = \left[\frac{2}{3} \cdot 3,28 \cdot 13,45 \cdot \frac{13,3 \cdot 0,013}{0,02} \right]^{1/6} = 1,26 \text{ menit}$$

$$t_{of} = t_{of1} + t_{of2} = 1,17 + 1,26 = 2,43 \text{ menit}$$

$$t_{df} = L_{df} / (60 \cdot V) = 97,5 / (60 \cdot 0,6) = 2,70 \text{ menit}$$

$$t_c = t_{of} + t_{df} = 2,70 + 2,43 = 5,13 \text{ menit}$$

$$I = 10119,73 / (t_c + 21,49) = 380,15 \text{ mm / jam}$$

$$Q_d = 0,278 \cdot I \cdot (\sum C_i \cdot A_i) \dots \dots \dots (8.11)$$

$$= 0,278 \cdot 380,15 \cdot (0,9 \cdot 12,96 \cdot 10^{-4} + 0,6 \cdot 13,11 \cdot 10^{-4})$$

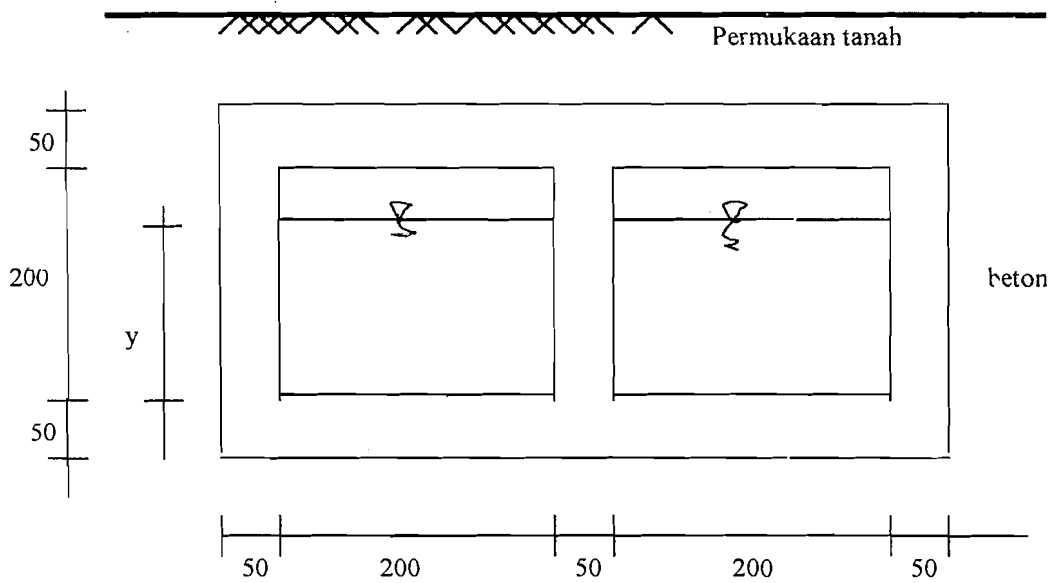
$$= 0,206 \text{ m}^3/\text{det}$$

Pemeriksaan

$$Q_d (0,206 \text{ m}^3 / \text{det}) < Q_s (0,19 \text{ m}^3 / \text{det}) \dots \dots \dots \text{OK}$$

8.5.3 Drainasi Pokok

Drainasi pokok dirancang menggunakan gorong-gorong yang berbentuk “box culvert” seperti pada gambar dibawah ini :



Gambar 8.7 Gorong-gorong

Asumsi : tinggi jagaan = 30 %

$$y = 0,7 \cdot 200 = 140 \text{ cm}$$

Area tangkapan :

$$A = 1,210 \text{ km}^2$$

$$L = 1,0 \text{ km}^2$$

$$S = 0,03$$

$$n = 0,013$$

$$C = 0,6$$

$$t_c = 0,0195 (L / S)^{0,77} = 0,0195 (1250 / 0,03)^{0,77} \dots\dots\dots(8.15)$$

$$= 18,237 \text{ menit}$$

$$I = 15767,96 / 18,237 + 21,492$$

$$= 254,732 \text{ mm / jam}$$

$$Q_d = 0,278 \cdot C \cdot I \cdot A \dots\dots\dots(8.11)$$

$$= 0,278 \cdot 0,6 \cdot 254,732 \cdot 1,210$$

$$= 51,412 \text{ m}^3 / \text{detik}$$

penampang :

asumsi : tinggi jagaan 25 %

$$y = 0,75 \cdot 200 \text{ cm} = 150 \text{ cm}$$

$$A = 2y = 3,0 \text{ m}^2$$

$$P = (2y + 2) = 8 \text{ m}$$

$$R = A / P = 0,600 \text{ m}$$

$$Q_p = 1/n \cdot A \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2} \dots\dots\dots(8.18)$$

$$= 1/0,013 \cdot 2 \cdot 3 \cdot (0,600)^{2/3} \cdot 0,03^{1/2}$$

$$= 56,77 \text{ m}^3 / \text{detik}$$

$$Q_d (51,412 \text{ m}^3 / \text{detik}) < Q_p (56,77 \text{ m}^3) \dots\dots\dots \text{OK !}$$

8.5.4 Drainasi Bawah Tanah

Drainasi bawah tanah ("sub surface drainage") diperlukan pada tempat atau lokasi, dimana dapat terjadi kemungkinan merembesnya air pada konstruksi jalan akibat air tanah yang berlebihan atau muka air tanah yang cukup tinggi sehingga dapat mengganggu kestabilan atau merusak badan jalan.

Drainasi bawah tanah umumnya tergantung pada kondisi setempat / lapangan, jadi tidak setiap pembuatan sarana drainasi harus ada drainasi bawah tanah, seperti halnya pada proyek ini. Pada proyek pembangunan Simpang

Grogol ini Sistem drainasi bawah tanah permukaan tidak dipakai karena muka air tanah tidak cukup tinggi.

Tabel 8.15 Perbandingan hasil evaluasi dengan hasil perancangan konsultan

No	Fasilitas Drainasi	Konsultan	Evaluasi	Keterangan
1	Jalan Layang Bentuk	Lingkar (Pipa "PVC") Diameter 25 cm	Lingkar (Pipa "PVC") Diameter 25 cm	
2	Penampang P - 4 Qd Qp P - 8 Qd Qp P - 12 Qd Qp	P - 4, P - 8, P - 12 0,029 m ³ /detik 0,0344 m ³ /detik 0,0413 m ³ /detik 0,045 m ³ /detik 0,0291 m ³ /detik 0,0308 m ³ /detik	P - 4, P - 8, P - 12 0,029 m ³ /detik 0,0344 m ³ /detik 0,0413 m ³ /detik 0,0454 m ³ /detik 0,0291 m ³ /detik 0,0308 m ³ /detik	Mengambil dimensi yang sama dengan konsultan
1	Persimpangan Bentuk	Segi empat Type DS - 1 Type DS - 2	Segi empat Type DS - 1 Type DS - 2	
2	Penampang	Type DS - 1 : P - 3 Type DS - 2 : P - 1, P - 2, P - 4, P - 5	Type DS - 1 : P - 3 Type DS - 2 : P - 1, P - 2, P - 4, P - 5	Adanya perubahan dimensi pada penampang dan perubahan tinggi jagaan menghasilkan Qs yang berlainan, dan keduanya sama - sama aman. Tetapi dalam perancangan segi ekonomis perlu diperhatikan
3	Type DS - 1 P - 3 Tinggi Jagaan V Qs Qd	30 % 0,6 m/detik 0,18 m ³ /detik 0,121 m ³ /detik Kontrol Qd < Qs ... OK	25 % 1,5 m/detik 0,132 m ³ /detik 0,121 m ³ /detik Kontrol Qd < Qs ... OK	
4	Type DS - 2 P - 1, P - 2, P - 4, P - 5 Tinggi Jagaan V Qs Qd	30 % 0,6 m/detik 0,27 m ³ /detik 0,099 m ³ /detik Kontrol Qd < Qs ... OK	25 % 1,5 m/detik 0,19 m ³ /detik 0,099 m ³ /detik Kontrol Qd < Qs ... OK	
1	Pokok Bentuk	Gorong-gorong("Culvert")	Gorong-gorong("Culvert")	
2	Tinggi Jagaan	30 %	25 %	
3	Qp	52,06 m ³ /detik	56,77 m ³ /detik	
4	Qd	51,412 m ³ /detik Kontrol : Qd < Qp ... OK	51,412 m ³ /detik Kontrol : Qd < Qp ... OK	

8.6 Pembahasan

Fungsi drainasi secara umum dalam perancangan jalan raya adalah untuk mengalirkan air permukaan dan air tanah, agar tidak mengganggu dan merusak konstruksi perkerasan jalan, sehingga jalan dapat memberikan pelayanan sesuai fungsi yang diharapkan.

Dari hasil perbandingan yang ditunjukkan pada tabel 8.15, evaluasi yang dilakukan menunjukkan dimensi-dimensi saluran yang dipakai sudah memenuhi persyaratan, pada perancangan drainasi untuk jalan layang dimensi pipa yang digunakan sudah ekonomis, karena pada umumnya diameter 25 cm sering dipakai pada perancangan drainasi untuk jalan layang sehingga tidak perlu dirancang kembali, pada perancangan untuk persimpangan sebidang dengan memperkecil dimensi ternyata masih memenuhi persyaratan dan dapat mengurangi biaya yang dikeluarkan, dari hal ini kami dapat menarik kesimpulan hasil rancangan kembali lebih ekonomis dari hasil rancangan konsultan. hal ini dapat dilihat dari hasil perbandingan debit yang dihasilkan. Dari kedua hasil perbandingan diatas hasil keduanya sama-sama dapat dipakai tetapi dalam perancangan kita harus memperhatikan segi ekonomisnya, dengan demikian dapat mengurangi biaya konstruksi. Debit rancangan (Q_d) yang dihasilkan lebih kecil dari debit yang dihasilkan pada debit penampang (Q_p) pada jalan layang dan gorong-gorong dan debit saluran (Q_s) pada persimpangan sebidang.

BAB IX

RENCANA ANGGARAN BIAYA

9.1 Pendahuluan

Rencana anggaran biaya Simpang Grogol merupakan bagian dari rencana anggaran biaya dari proyek jalan tol Cawang – Grogol yang termasuk dalam proyek Jakarta Intra Urban Tollway (JIUT). Pada perancangan anggaran biaya ini biaya yang dihitung adalah biaya konstruksi yang didapat dari hasil evaluasi perancangan yang ada pada tugas akhir ini, data yang dapat menunjang untuk perhitungan rencana anggaran biaya ini tidak diperoleh dari proyek. Biaya konstruksi ini termasuk pada biaya langsung. Besarnya biaya langsung ini ditentukan oleh komponen pokok yaitu :

1. Harga material
2. Upah buruh
3. Biaya operasi peralatan

Biaya langsung dipengaruhi oleh volume pekerjaan yang ada pada proyek. Jenis pekerjaan yang termasuk didalamnya adalah : pekerjaan tanah, pekerjaan perkerasan, drainasi jalan serta pekerjaan pelengkap lainnya. Selain itu besarnya biaya langsung juga dipengaruhi oleh faktor-faktor : syarat teknis yang harus dipenuhi (RKS), lokasi, topografi, waktu pelaksanaan dan metoda pelaksanaannya.

Analisa biaya yang dipakai didasarkan pada harga upah/bahan pada tahun 1983 sehingga apabila pelaksanaan fisik tidak berjalan sesuai dengan jadwal yang telah ditetapkan maka besarnya biaya akan meningkat sesuai dengan perubahan harga upah/bahan yang berlaku.

Perhitungan biaya ini berpedoman pada Peraturan Standarisasi Analisa Biaya Pembangunan Jalan dan Jembatan (No.02/ST/BM/73), yang diterbitkan oleh Direktorat Jendral Bina Marga, Departemen Pekerjaan Umum.

9.2 Uraian Jenis Pekerjaan

9.2.1 Rencana Kerja dan Syarat-syarat (RKS)

Dari gambar rencana dan syarat – syarat kerja (RKS) dapat ditentukan jenis – jenis pekerjaan yang ada pada lingkup kegiatan proyek, sehingga untuk selanjutnya dapat dibuat urutan dan jadwal pelaksanaannya. Dalam proyek ini ditentukan dengan batas – batas sebagai berikut :

1. Jalan layang = sta 0 + 000 sampai dengan sta 0 + 1603,5057
2. Jalan arteti – sta 0 + 000 sampai dengan sta 0 + 1603,5057
sta 0 + 000 sampai dengan sta 0 + 552,195
sta 0 + 000 sampai dengan sta 0 + 290,303

Apabila dalam pelaksanaannya terjadi perubahan pekerjaan maupun syarat – syarat teknis pelaksanaan, maka dalam perjanjian pekerjaan (kontrak) harus dipersiapkan suatu “Adendum” yang memungkinkan untuk menyesuaikan harga konstruksi secara keseluruhan. Di dalam Adendum harus memuat ketentuan – ketentuan pekerjaan tambah atau pekerjaan kurang serta tata cara perhitungan dan pembayarannya.

9.2.2 Pekerjaan tanah

Yang dimaksud dengan pekerjaan tanah ini adalah pekerjaan yang berhubungan dengan pembentukan badan jalan, drainasi yang meliputi pekerjaan :

1. Pekerjaan galian
2. Pekerjaan timbunan
3. Transportasi tanah

9.2.3 Pekerjaan Drainasi

Drainasi adalah penyediaan saluran guna pembuangan air, kebutuhannya disesuaikan dengan topografi, data hidrologi, pertimbangan ekonomis dan lain – lainnya.

Untuk proyek ini sistem drainasi yang dirancang berupa :

1. Drainasi permukaan, berupa saluran samping, saluran median, bak penampung, inlet/outlet dan lain – lain.
2. Drainasi permukaan untuk jalan layang , berupa pipa “PVC”.
3. Gorong-gorong berupa “box culvert”, sebagai penampung dari saluran permukaan pada persimpangan.

Secara sistematis pekerjaan drainasi dapat dikelompokkan atas :

1. Penggalan saluran
2. Pekerjaan pelapisan (“lining”)
3. Pembuatan “Concrete Drain”
4. Pemasangan saluran dan gorong – gorong

9.2.4 Pekerjaan Konstruksi Jalan

Pekerjaan konstruksi jalan adalah pembuatan badan jalan yang merupakan lajur yang dilalui lalu lintas. Konstruksi perkerasan jalan terdiri dari : Slab beton, pondasi, dan tanah dasar termasuk juga pekerjaan bahu jalan. Secara terperinci pekerjaan perkerasan jalan adalah :

1. Persiapan tanah dasar (“subgrade”)
2. Pembuatan lapis pondasi
3. Pelapisan slab beton
4. Bahu jalan

9.2.5 Pekerjaan Pelengkap

Adalah pekerjaan untuk menambah keamanan, kenyamanan, dan keindahan jalan, terdiri dari :

1. Pembuatan pulau-pulau lalu-lintas
2. Pemasangan rambu lalu lintas
3. Pembuatan marka jalan
4. Penerangan jalan
5. Lampu lalu-lintas
6. Jalur penyeberangan pejalan kaki (“zebra cross”)

9.3 Volume Pekerjaan

Penentuan volume masing – masing unit pekerjaan ditentukan dari gambar rencana yang telah dibuat, baik profil memanjang ataupun profil melintang, yang meliputi seluruh lajur masuk menuju lajur simpang Grogol dan lajur tambahan yang menunjang lajur tersebut. Berikut ini merupakan hasil perhitungan volume pekerjaan simpang Grogol.

Tabel 9.1 Volume unit pekerjaan

No	Jenis Pekerjaan	Satuan	Volume
1	Pembersihan dan Pengupasan (Striping)	m ³	320.000
2	Pekerjaan Tanah :		
	1. Galian Saluran	m ³	16.500
	2. Galian Gorong-gorong	m ³	16.500
	3. Timbunan Tanah	m ³	209.830
	4. Penggantian Tanah Dasar	m ³	282.961
	5. Pemadatan Badan Jalan	m ³	29.216
3	Pekerjaan Subgrade :		
	Persiapan Subgrade	m ³	85.894
4	Pekerjaan Pondasi :		
	Memasang lapisan pondasi	m ³	10.968
5	Lapisan Permukaan (Slab Beton)	m ³	6.752
6	Pekerjaan Drainasi :		
	1. Pipa "PVC" : ϕ 25 cm	m	32
	ϕ 15 cm	m	328,4
	2. Box Culvert : (5,5 x 3,0) m ²	m	1000
	3. Saluran Permukaan	m ³	8000
7	Pekerjaan Pelengkap (fasilitas persimpangan)		
	1. Traffic light	Buah	21
	2. Marka jalan	m ²	2170
	3. Rambu lalu lintas	Buah	41
	4. Pulau	m ²	1418,9

9.4 Harga Satuan

Harga satuan masing – masing unit pekerjaan, merupakan penjumlahan dari biaya – biaya :

1. Upah tenaga kerja/personel
2. Harga bahan/material
3. Biaya operasi peralatan
4. Keuntungan
5. Pajak – pajak

9.4.1 Harga Satuan Upah Pekerjaan

Upah seorang pekerja dalam satu jam efektif ialah : selama jam – jam kerja, pekerja yang bersangkutan harus bekerja dengan konsentrasi penuh, sesuai dengan bidangnya masing – masing.

Upah kerja dihitung dengan menggunakan satuan hari orang standar (“standar man-day”), yaitu :

1. Satu hari kerja adalah : 8 jam
2. Satu bulan adalah : 25 hari

Tabel 9.2 Daftar upah pekerja dapat dilihat pada daftar berikut berdasarkan tahun 1983

1. Mandor	Rp.500,-/jam
2. Pekerja terlatih	Rp.500,-/jam
3. Pekerja kasar	Rp.250,-/jam
4. Tukang	Rp 450,-/jam
5. Operator	Rp.500,-/jam
6. Mekanik	Rp.500,-/jam
7. Supir Truk	Rp.350,-/jam
8. Pengawas	Rp.500,-/jam
9. Penjaga	Rp.250,-/jam

Sumber : DPU

9.4.2 Harga Satuan Bahan

Perhitungan harga satuan bahan/material telah termasuk semua biaya yang diperlukan untuk angkutan, bongkar muat dari gudang ("quarry") sampai ke tempat pekerjaan.

Tabel 9.2 Daftar harga satuan bahan/material yang dimaksud adalah sebagai berikut berdasarkan tahun 1983 :

1. Tanah urug	Rp. 1.000,-/m ³
2. Portland Cement	Rp.75.000,-/ton
3. Neoprene	Rp. 1.500,-/kg
4. Pasir beton	Rp. 9.000,-/m ³
5. Kerikil/Split beton	Rp.12.000,-/m ³
6. Kayu	Rp.90.000,-/m ³
7. Sirtu	Rp. 5.000,-/m ³
8. Agregate	Rp. 7.500,-/m ³
9. Batu bulat – koral	Rp. 7.500,-/m ³
10. Besi beton ("Dowel bar")	Rp. 450,-/kg

Sumber : DPU

9.4.3 Harga Satuan Penggunaan Peralatan

Dalam perhitungan biaya peralatan pembangunan, untuk mendapatkan harga satuan setiap pekerjaan ("unit price") selain memperhitungkan biaya tiap – tiap peralatan besar untuk setiap jam kerja atau jam efektif, perlu diketahui ketentuan lain seperti :

1. Kemampuan atau kapasitas tiap – tiap peralatan untuk setiap jamnya.
2. Kombinasi peralatan yang diperlukan setiap pekerjaan
3. Bahan – bahan yang diperlukan untuk setiap pekerjaan
4. Bahan – bahan lain diluar biaya peralatan dan harga bahan – bahan yang diperhitungkan

Setelah data tersebut di atas diketahui, maka perhitungan harga satuan penggunaan peralatan pembangunan bisa dilakukan. Namun dalam menghitung biaya peralatan pembangunan, ada beberapa hal penting yang harus diperhatikan yaitu :

1. Biaya pasti perjam ialah : biaya angsuran/pengembalian modal tiap jam efektif.
2. Biaya operasi langsung per jam adalah biaya yang diperlukan untuk menggerakkan dan mengerahkan peralatan tersebut.

Biaya tidak langsung adalah biaya kantor, biaya resiko/keuntungan dihitung perjam efektif.

Total harga operasi adalah jumlah semua biaya yang diperhitungkan untuk setiap jam kerja efektif atau jumlah biaya pasti, biaya operasi dan biaya tak langsung.

Tabel 9.4 Daftar harga satuan penggunaan peralatan adalah sebagai berikut :

1. Bulldozer D 6 D Powershift (150 HP)	Rp. 35.384,-/jam
2. Bulldozer D 7 D Powershift	Rp. 39.584,-/jam
3. Bulldozer D & D Powershift	Rp. 52.540,-/jam
4. 12 G Motor Grader	Rp. 52.540,-/jam
5. 930 Wheel Loader	Rp. 17.300,-/jam
6. 955 L Track Loader (100 HP)	Rp. 24.130,-/jam
7. Track Loader (100 HP)	Rp. 20.630,-/jam
8. Track Drill	Rp.21.700,-/jam
9. Compressor 600 cfm	Rp. 15.170,-/jam
10. Jack Hammer	Rp. 2.360,-/jam
11. Truck Moln (pembawa beton)	Rp. 8.675,-/jam
12. Truck 12 T (dump truck)	Rp. 7.740,-/jam
13. Water Truck 3500 L	Rp. 11.900,-/jam

Lanjutan tabel 9.4

14. Flate Red Truck	Rp. 4.500,-/jam
15. Pick Up Vehicle	Rp. 2.590,-/jam
16. North Weat Shovel	Rp. 65.120,-/jam
17. Stone Crusher	Rp.226.570,-/jam
18. Generator	Rp. 27.450,-/jam
19. Concrete Mixing Plant (Kap 30 T/jam)	Rp. 69.880,-/jam
20. Spreader	Rp. 30.120,-/jam
21. Tandem Roller (Kap 8-10 T)	Rp. 12.050,-/jam
22. Tire Roller (Kap 10-16 T)	Rp. 18.072,-/jam
23. Vibratory Roller (10-12 T)	Rp. 20.000,-/jam
24. Concrete Vibrator	Rp. 10.000,-/jam

9.4.4 Keuntungan dan Biaya tak terduga (“Overhead”)

Keuntungan dinyatakan dengan persentase keuntungan dalam suatu pelaksanaan proyek yang biasanya ditentukan secara rata – rata dari biaya langsung, keuntungan berjumlah sekitar 8% sampai 15%. Untuk proyek kecil biasa diambil 15%, proyek sedang diambil 12,5% dan untuk proyek besar diambil sekitar 8%. Proyek simpang Grogol ini termasuk pada proyek besar dan keuntungan diambil 8%. Biaya tak terduga terdiri dari biaya tak terduga umum yang tidak dapat dimasukkan kedalam suatu jenis pekerjaan dalam proyek dan biaya tak terduga proyek yang dapat dibebankan kepada proyek tetapi tidak dapat dibebankan kepada biaya bahan-bahan. Biaya tak terduga dapat berkisar antara 8% sampai 15%.

9.5 Perhitungan

Dengan mempergunakan harga satuan pekerjaan dan volume pekerjaan, maka dapat disusun secara tabelaris perhitungan rencana anggaran biaya (RAB) sebagai berikut :

Tabel 9.5 Perhitungan biaya simpang Grogol

No	Jenis Pekerjaan	Satuan	Volume	Harga Satuan (x1000)	Harga (Juta Rupiah)
1	Pembersihan dan Pengupasan (Striping)	m ³	320.000	0,2135	68,320
2	Pekerjaan Tanah :				
	1. Galian Saluran	m ³	16.500	1,765	16,500
	2. Galian Gorong-gorong	m ³	16.500	1,765	16,500
	3. Timbunan Tanah	m ³	209.830	2,595	544.508
	4. Penggantian Tanah Dasar	m ³	282.961	1,765	499.426
	5. Pemadatan Badan Jalan	m ³	29.216	0,156	4,557
3	Pekerjaan Subgrade :				
	Persiapan Subgrade	m ³	85.894	0,217	18,639
4	Pekerjaan Pondasi :				
	Memasang lapisan pondasi	m ³	10.968	9,972	109.372
5	Lapisan Permukaan (Slab Beton)	m ³	6.752	250	1688,000
6	Pekerjaan Drainasi :				
	1. Pipa "PVC" : ϕ 25 cm	m	32	45,000	1,440
	ϕ 15 cm	m	328,4	35,000	11,494
	2. Box Culvert : (5,5 x 3,0) m ²	m	1000	650,650	650.650
	3. Saluran Permukaan	m ³	8000	45,000	36,000
7	Pekerjaan Pelengkap (fasilitas persimpangan)				
	1. Traffic light	Buah	21	15.000,000	315.000
	2. Marka jalan	m ²	2.170	0,750	1,627
	3. Rambu lalu lintas	Buah	41	45,000	1,845
	4. Pulau	m ²	418,9	250,000	354,725
	Total				Rp. 4.363.843.000,-

Jadi biaya seluruh pekerjaan adalah sebagai berikut:

1. Biaya konstruksi	: Rp. 4.363.843.000,-
2. Biaya tak terduga	: 15 % . Rp. 4.363.843.000,-
	: Rp. 654.576.450,-
Jumlah	: Rp.5.018.419.450,-
3. Keuntungan	: 8 % . Rp. 5.018.419.450,-
	: Rp. 401. 473.556,-
Jumlah biaya seluruhnya	: Rp. 5.419.893.006,-

Jadi biaya konstruksi pembangunan Simpang Grogol serta jalan keluar masuk yang menuju ke Simpang Grogol memerlukan dana sebesar Rp. 5.419.893.006,- (Lima Milyar Empat Ratus Sembilan Juta Delapan Ratus Sembilan Puluh Tiga Ribu Enam Rupiah). Biaya tersebut adalah perkiraan tahun 1983.

9.6 Pembahasan

Pada proyek pembangunan simpang Grogol yang terdapat pada jalan Tol Cawang – Grogol ini perhitungan biaya proyek memakai Peraturan Standar Analisa Biaya Pembangunan Jalan dan Jembatan, (No : 02/ST/BM/1973).

Jadi jumlah total biaya konstruksi untuk simpang Grogol adalah Rp. 5.419.893.006,-. Dalam penyusunan anggaran biaya ini penulis tidak mengetahui apakah hasil perhitungan ini lebih mahal atau lebih murah dari hasil perhitungan konsultan perencana karena ketiadaan data. Kalaupun lebih mahal biasanya karena biaya perkerasan yang digunakan yaitu perkerasan kaku, kelebihan perkerasan kaku adalah hampir tidak ada biaya perawatan selama umur rencana. Biaya tak terduga diperhitungkan sebesar 15 % dari biaya konstruksi mengingat proyek ini adalah proyek besar dengan biaya lebih dari satu milyar. Dengan mengambil prosentase keuntungan sebesar 8% kontraktor sudah memperoleh keuntungan yang besar.

BAB X

KESIMPULAN DAN SARAN

10.1 Kesimpulan

Kesimpulan pada Tugas Akhir ini adalah :

1. Dari hasil evaluasi pada tugas akhir ini, Untuk menunjang pelayanan transportasi dalam kota Jakarta, menghindari kemacetan dan untuk menghubungkan pelabuhan Tanjung Priok guna meningkatkan perekonomian, direncanakan pembangunan jalan bebas hambatan yang disebut Jakarta Intra Urban Tollway (JIUT) yang terdiri dari dua jalur utama yaitu :
 1. Central South – West Arc sepanjang 19 km
 2. Central North – South Link sepanjang 14 km
2. Dari studi kelayakan yang dilakukan untuk mengetahui tingkat kelayakan proyek JIUT ini digunakan metoda NPV, B/C Ratio dan IRR. Dari hasil analisis menunjukkan nilai NPV > 0, nilai B/C Ratio > 1 dan nilai IRR >0, dimana keuntungan yang diperoleh lebih besar dari biaya. Dari hasil analisis tersebut maka proyek JIUT ini layak untuk dilaksanakan pembangunannya. Nilai keuntungan yang diperoleh dari hasil analisis menunjukkan bahwa proyek ini memberikan keuntungan sampai umur rencana proyek tercapai.
3. Dari hasil evaluasi analisis lalu-lintas yang dilakukan, pada pelaksanaan survai asal – tujuan dengan metoda kartu pos dianggap gagal karena kartu pos yang kembali hanya 5%. Pada analisis perjalanan barang asumsi bahwa truk mengangkut barang seberat 2,0 t – 2,5 t tidak dapat diterima karena

a. Survei lalu lintas, dilakukan pada pos – pos yang telah ditentukan untuk mengetahui volume lalu lintas dan pola pergerakan lalu lintas dari dan ke ruas “South – West Arc”.

b. Penentuan proyeksi lalu lintas dan umur rencana

Hasil survei dan penentuan proyeksi lalu lintas selama umur rencana dianalisis untuk mendapatkan kapasitas jalan dan jumlah lajur yang akan dirancang.

4. Perancangan Geometrik pada Simpang Grogol meliputi perancangan alinyemen horizontal dan alinyemen vertikal untuk jalan layang dan jalan arteri. Standar perancangan yang digunakan adalah Bina Marga 1990 dan AASHTO 1994. Perancangan alinyemen adalah untuk menentukan trase jalan, bentuk tikungan dan panjang lengkung tikungan.

Dari evaluasi yang dilakukan diperoleh :

Suatu kendaraan yang berjalan di tikungan akan mengalami gaya sentrifugal. Besarnya gaya sentrifugal yang terjadi dipengaruhi langsung oleh kecepatan kendaraan yang akan mengakibatkan besarnya lintasan kendaraan. Agar supaya kendaraan yang berjalan ditikungan dapat bergerak dengan kecepatan tetap dan tetap selalu jalur lintasannya memerlukan gaya perlawanan yang besarnya sama dengan gaya sentrifugal yang timbul di tikungan, gaya perlawanan tersebut diberikan oleh kemiringan jalan dan oleh gesekan roda pada jalan.

Pada kendaraan yang berjalan dengan kecepatan tetap besarnya gaya sentrifugal dipengaruhi langsung oleh tajamnya tikungan, makin tajam

tikungan makin tajam makin besar gaya sentrifugal. Ketajaman suatu tikungan dinyatakan dengan besarnya jari-jari lengkung yang membentuknya.

$$e + f = V^2 / 127 R$$

Sebaliknya ketajaman tikungan dapat juga dinyatakan dengan besarnya derajat lengkung yang besarnya berbanding terbalik dengan jari-jari lengkung. Tetapi besarnya gaya sentrifugal yang timbul ditentukan langsung oleh besarnya jari-jari lengkung.

$$D = 1432,4 / R$$

5. Dari hasil evaluasi yang dilakukan diketahui bahwa Simpang Grogol adalah salah satu titik pertemuan antara jalan Tol Cawang – Grogol dengan jalan – jalan arteri yang ada yaitu : jalan S.Parman, Latumeten, Daan Mogot dan Kiai Tapa. Simpang Grogol ini semula merupakan persimpangan putar, kemudian dirancang menjadi persimpangan sebidang dengan 4 cabang dengan menggunakan pengatur lalu lintas (signalized). Pada pertemuan jalan yang terdapat semua gerakan membelok, maka jumlah simpang jalan tidak boleh lebih dari 4 buah, demi kesederhanaan dalam perancangan dan pengoperasian, membatasi jumlah titik konflik dan membantu pengemudi untuk mengamati keadaan. Perancangan alinyemen pada persimpangan ini berdasarkan pada kendaraan rencana dan jari-jari putaran minimum. Jari – jari tepi perkerasan yang telah didesain selanjutnya dievaluasi dengan jari-jari desain minimum. Jari-jari tepi perkerasan (R desain) harus lebih besar dari jari-jari minimum untuk memudahkan kendaraan melakukan belokan sesuai dengan standar AASHTO 1994. Perancangan alinyemen horizontal dirancang dengan bentuk

standar AASHTO yaitu "Simple Curve" dan "Three Centered Compound Curve".

6. Pada evaluasi ini perkerasan jalan dirancang dengan perkerasan kaku ("Rigid Pavement"). Penentuan tebal perkerasan mengacu pada AASHTO 1986 dengan memperhatikan besaran rencana yang mempengaruhinya. Perkerasan kaku ini memiliki keunggulan yaitu bebas biaya pemeliharaan, tahan lama, permukaan bersih (tidak ada material lepas), walaupun tingkat kenyamanan kurang tetapi di atasnya ditambahkan selapis aspal beton untuk menambah tingkat kenyamanan. Dibandingkan perkerasan lentur dimana biaya pemeliharaan besar, tidak tahan lama, material sering lepas, defleksi besar. Untuk kondisi di Indonesia sebaiknya dipakai perkerasan kaku karena masalah pemeliharaan merupakan hal yang kurang diperhatikan.
7. Untuk memberikan informasi, larangan dan petunjuk kepada pengemudi, pada Simpang Grogol dipasang rambu, marka jalan dan benda – benda marka untuk mendapatkan lalu lintas yang harmonis, tertib dan lancar. Sistem pengaturan lampu lalu lintas menggunakan sistem lalu lintas menggunakan sistem isolasi dan pola pengaturan tetap. Pedoman bentuk dan pemasangannya menggunakan standar internasional berdasarkan perjanjian "Geneva" tahun 1973.
8. Perancangan drainasi bertujuan untuk menjaga keutuhan konstruksi, keamanan, dan kenyamanan. Drainasi jalan berupa : drainasi permukaan pada persimpangan dan drainasi jalan layang memakai pipa "PVC". Perancangan simpang Grogol mengambil data dari tiga stasiun yaitu Ragunan, Halim PK

dan Serpong. Bentuk drainasi yang dipakai adalah saluran bentuk lingkaran dan dibuat dari pipa "PVC", saluran samping, gorong – gorong kotak (" Box Culvert"). Pada simpang Grogol ini tidak ada drainasi bawah permukaan tanah.

9. Dari hasil perhitungan anggaran biaya untuk pembangunan simpang susun Grogol didapatkan biaya total pembangunan Simpang Grogol ini sebesar Rp. 5.031.271.206,-.

10.2 SARAN

Setelah menganalisis dari beberapa permasalahan yang ada maka kami mencoba untuk memberikan beberapa saran – saran sebagai bahan masukan dalam perancangan selanjutnya, yaitu :

1. Perlu penelitian lebih lanjut studi kelayakan yang telah dilakukan, untuk memberikan kontrol terhadap hasil analisis yang menyatakan bahwa proyek JIUT tersebut layak dibangun sebagai jalan tol maupun dibangun sebagai jalan bukan tol.
2. Survei lalu lintas hendaknya dilakukan dalam standar waktu yang lebih lama untuk mendapatkan data yang lebih teliti.
3. Perlunya dibuat suatu standar perancangan untuk persimpangan sebidang yang sesuai standar Indonesia. Dalam perancangan persimpangan sebidang Grogol ini, standar perancangan memakai standar AASHTO.

4. Untuk mendapatkan tingkat pelayanan A sampai akhir umur rencana, jumlah lajur untuk tiap arah untuk jalan bebas hambatan dirancang sebanyak 4 lajur tiap arah. Karena berdasarkan perhitungan maka pada akhir umur rencana jalan, tingkat pelayanan jalan sudah turun pada tingkat pelayanan C dan untuk jalan bebas hambatan tingkat pelayanan C sudah tidak layak.
5. Untuk menambah kenyamanan perkerasan kaku, maka dapat diberi lapisan tambahan di atas slab beton berupa aspal beton. Dalam perancangan perkerasan untuk jalan tol hendaknya memakai perkerasan kaku, agar dapat bertahan lama sehingga biaya perawatan tidak terlalu besar mengingat pembuatan jalan tol memerlukan biaya yang besar. Perkerasan hendaknya menggunakan perkerasan kaku, walaupun biaya pembangunan besar tetapi bebas biaya perawatan, dan masalah perawatan merupakan hal yang kurang diperhatikan di Indonesia.
6. Dalam penentuan bentuk dan pemasangan rambu di jalan tol dipakai yang sesuai standar Indonesia, agar rambu yang ada di jalan tol dan jalan arteri tidak berbeda jauh sehingga tidak membingungkan pengguna jalan.

DAFTAR PUSTAKA

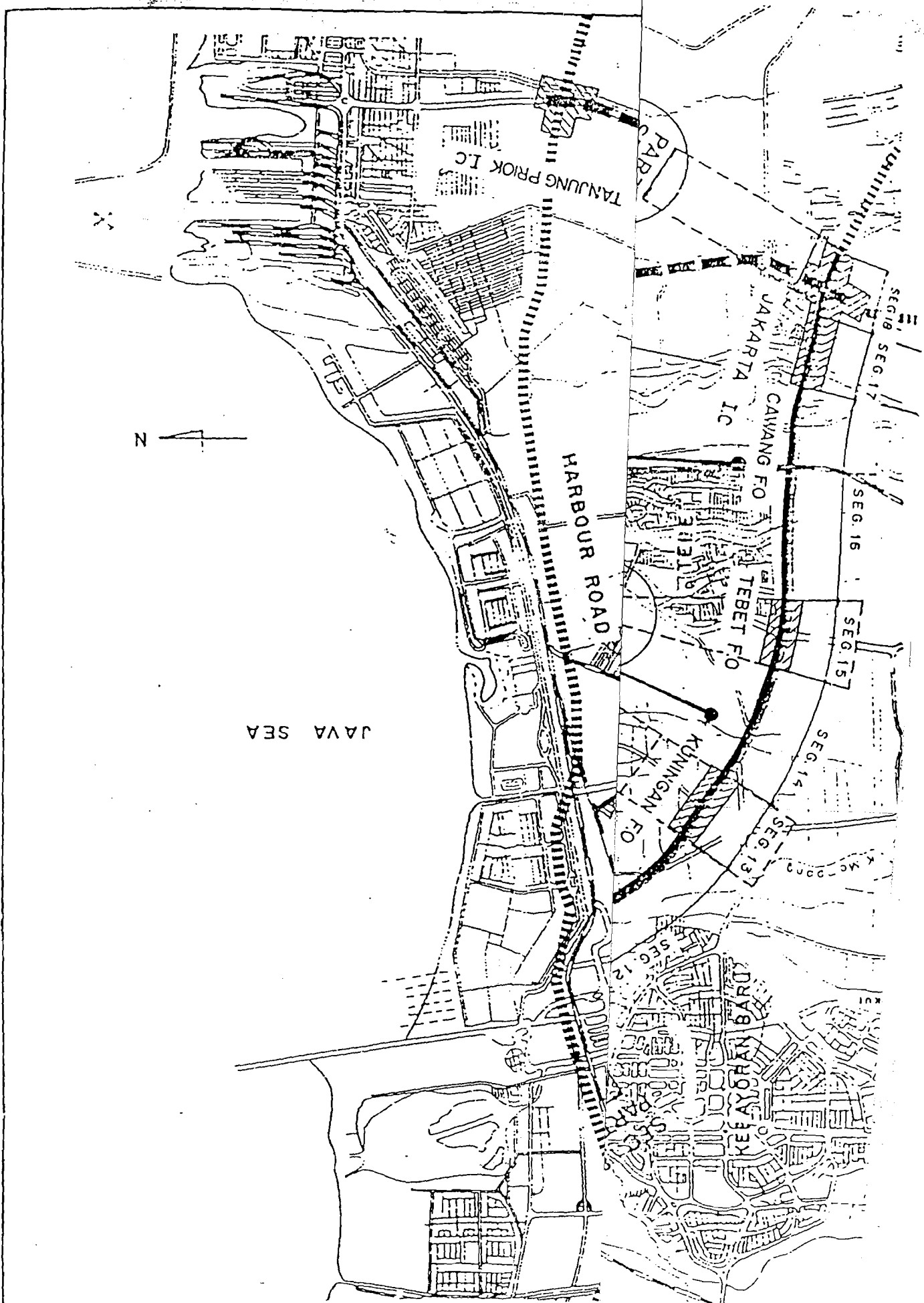
1. American Association of State Highway and Transportation Officials, 1994, A Policy on Geometric Design of Highways and Streets, AASHTO, USA.
2. Direktorat Jenderal Bina Marga, 1988, Standar Perencanaan Geometrik untuk Jalan Perkotaan, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
3. Direktorat Jenderal Bina Marga, Bipran, 1990, Spesifikasi Standar untuk Perencanaan Geometrik Jalan Luar Kota (Rancangan Akhir), Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
4. Direktorat Jenderal Bina Marga, 1985, Merencana Perkerasan Tegar, Makalah Simposium Beton – 1, Departemen Pekerjaan Umum, Semarang.
5. Direktorat Jenderal Bina Marga, 1973, Peraturan Standarisasi Analisa Biaya Pembangunan Jalan dan Jembatan, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
6. Direktorat Jenderal Bina Marga, 1972, Peraturan Pelaksanaan Pembangunan Jalan Raya, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
7. Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997, Manual Kapasitas Jalan Indonesia, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
8. Hobbs, FD, 1979, Traffic Planning and Engineering, alih bahasa Suprpto. TM dan Waldiyono, Perencanaan dan Teknik Lalu-Lintas, cetakan pertama, 1995, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
9. Sukarno, SU, Ir, 1989, Tabel Kemiringan Melintang dan Lengkung Peralihan Jalan Raya, Jurusan Teknik Sipil, FTSP, UII, Yogyakarta.

10. Sastraatmadja, Soedrajat, Ir, 1984, Anggaran Biaya Pelaksanaan, Penerbit Nova, Bandung.
11. Soetrisno, PH, Drs, 1983, Dasar – dasar Evaluasi Proyek, Cetakan kedua, Andi Offset, Yogyakarta.
12. Sukirman, Silvia, 1994, Dasar – dasar Perencanaan Geometrik Jalan, Penerbit Nova, Bandung.
13. Sukirman, Silvia, 1992, Perkerasan Lentur Jalan Raya, Penerbit Nova, Bandung.
14. Wright, H, Paul, Traffic Engineering, 6 th edition, John Wiley and Sons, USA.

LAMPİRAN

AN OF CONSTRUCT

Lampiran 1



el Bina Marqa

Tabel I : Hubungan antara D, R dan Vp dengan e dan Ls min

(Untuk Rural Highway, 2 jalur, e max = 0,10)

D	R	Vp = 30 km/jam		Vp = 40 km/jam		Vp = 50 km/jam		Vp = 60 km/jam		Vp = 70 km/jam	
		e	Ls	e	Ls	e	Ls	e	Ls	e	Ls
0 ⁰ 15'	5730	LN	0	LN	0	LN	0	LN	0	LN	0
0 ⁰ 30'	2864	LN	0	LN	0	LN	0	LN	0	LP	40
0 ⁰ 45'	1910	LN	0	LN	0	LN	0	LP	40	LP	40
1 ⁰ 00'	1432	LN	0	LN	0	LP	30	LP	40	0,020	40
1 ⁰ 15'	1150	LN	0	LN	0	LP	30	LP	40	0,022	40
1 ⁰ 30'	956	LN	0	LN	0	LP	30	0,021	40	0,028	40
1 ⁰ 45'	840	LN	0	LN	0	LP	30	0,025	40	0,032	40
2 ⁰ 00'	717	LN	0	LP	20	0,020	30	0,028	40	0,038	40
2 ⁰ 30'	574	LN	0	LP	20	0,023	30	0,034	40	0,045	40
3 ⁰ 00'	478	LP	20	LP	20	0,029	30	0,040	40	0,054	50
3 ⁰ 30'	410	LP	20	LP	20	0,034	30	0,047	40	0,062	50
4 ⁰ 00'	358	LP	20	0,021	30	0,037	30	0,052	40	0,068	60
4 ⁰ 30'	319	LP	20	0,022	30	0,042	30	0,057	50	0,074	60
5 ⁰ 00'	287	LP	20	0,022	30	0,045	30	0,062	50	0,079	70
6 ⁰ 00'	239	0,021	20	0,024	30	0,053	40	0,071	50	0,088	70
7 ⁰ 00'	205	0,024	30	0,026	30	0,060	40	0,079	60	0,094	70
8 ⁰ 00'	180	0,026	30	0,030	30	0,067	40	0,086	60	0,097	80
9 ⁰ 00'	160	0,028	30	0,035	30	0,072	50	0,091	60	0,100	80
10 ⁰ 00'	143	0,032	30	0,041	40	0,077	50	0,095	70	0,100	80
11 ⁰ 00'	130	0,034	30	0,034	40	0,082	50	0,097	70		
12 ⁰ 00'	120	0,037	30	0,045	40	0,086	60	0,099	70	D max = 9,13 ⁰	
13 ⁰ 00'	110	0,042	30	0,047	40	0,090	60	0,100	70		
14 ⁰ 00'	103	0,045	40	0,052	40	0,093	60				
15 ⁰ 00'	96	0,047	40	0,055	40	0,095	60	D max = 12,79 ⁰			
16 ⁰ 00'	90	0,050	40	0,060	40	0,097	60				
17 ⁰ 00'	84	0,052	40	0,065	40	0,099	60				
18 ⁰ 00'	80	0,055	40	0,070	40	0,100	60				
19 ⁰ 00'	76	0,060	40	0,075	40						
20 ⁰ 00'	72	0,063	40	0,079	50	D max = 18,85 ⁰					
21 ⁰ 00'	68	0,067	40	0,082	50						
22 ⁰ 00'	65	0,070	40	0,085	50						
24 ⁰ 00'	60	0,075	40	0,090	50						
26 ⁰ 00'	55	0,080	40	0,095	50						
29 ⁰ 00'	50	0,085	40	0,100	60						
32 ⁰ 00'	45	0,090	40								
36 ⁰ 00'	40	0,099	50	D max = 28,65 ⁰							
41 ⁰ 00'	35	0,100	50								
48 ⁰ 00'	30	0,100	50								

Keterangan :

LN = lereng jalan normal

LP = lereng luar diputar sehingga perkerasan mendapat kemiringan melintang sebesar lereng jalan normal

Spiral diatas garis tebal dianjurkan tapi tidak diharuskan

D max = 47,75⁰



Tabel I : Hubungan antara D, R dan Vp dengan e dan Ls min
(lanjutan)

(Untuk Rural Highway, 2 jalur, e max = 0,10)

D	R	Vp = 80 km/jam		Vp = 90 km/jam		Vp = 100 km/jam		Vp = 110 km/jam		Vp = 120 km/jam	
		e	Ls	e	Ls	e	Ls	e	Ls	e	Ls
0° 15'	5730	LN	0	LP	0	LP	60	LP	60	LN	0
0° 30'	2864	LP	50	LP	50	LP	60	LP	60	0,022	80
0° 45'	1910	0,018	50	0,020	50	0,023	60	0,025	60	0,033	80
1° 00'	1432	0,022	50	0,026	50	0,030	60	0,023	60	0,044	80
1° 15'	1150	0,028	50	0,033	50	0,038	60	0,042	60	0,055	80
1° 30'	956	0,034	50	0,039	50	0,045	60	0,050	70	0,065	80
1° 45'	840	0,039	50	0,045	50	0,052	60	0,058	70	0,074	90
2° 00'	717	0,045	50	0,051	60	0,060	70	0,066	80	0,082	100
2° 30'	574	0,055	60	0,065	70	0,074	80	0,083	90	0,100	110
3° 00'	478	0,064	60	0,076	80	0,087	90	0,096	100		
3° 30'	410	0,074	70	0,087	90	0,096	100	0,100	110	D max = 2,56°	
4° 00'	358	0,080	70	0,092	90	0,099	100				
4° 30'	319	0,087	70	0,097	90	0,100	100	D max = 3,34°			
5° 00'	287	0,092	80	0,100	90						
6° 00'	239	0,098	80			D max = 4,15°					
7° 00'	205	0,100	80	D max = 5,26°							
D max = 6,83°											

Keterangan :

LN = lereng jalan normal

LP = lereng luar diputar sehingga perkerasan mendapat kemiringan melintang sebesar lereng jalan normal

Spiral diatas garis tebal dianjurkan tapi tidak diharuskan



Tabel III : Hubungan antara B_s dan $L_s = 1$ dengan x , y , k , p , LT , ST , dan LC (tabel $L_s = 1$)

B_s	x	y	k	p	LT	ST	LC
0.00 ⁰	1.0000000	0.0000000	0.5000000	0.0000000	0.6666667	0.3333333	1.0000000
.50 ⁰	.9999924	.0029089	.4999987	.0007272	.6666693	.3333358	0.9999966
1.00 ⁰	.9999695	.0058176	.4999949	.0014544	.6666773	.3333430	.9999865
.50 ⁰	.9999315	.0087262	.4999886	.0021816	.6666906	.3333551	.9999695
2.00 ⁰	.9998792	.0116345	.4999797	.0029088	.6667092	.3333720	.9999458
.50 ⁰	.9998096	.0145424	.4999683	.0036359	.6667332	.3333938	.9999154
3.00 ⁰	.9997259	.0174499	.4999543	.0043629	.6667624	.3334204	.9998782
.50 ⁰	.9996269	.0203567	.4999378	.0050899	.6667970	.3334518	.9998342
4.00 ⁰	.9995127	.0232630	.4999188	.0058168	.6668369	.3334881	.9997834
.50 ⁰	.9993833	.0261684	.4998972	.0065435	.6668822	.3335293	.9997259
5.00 ⁰	.9992387	.0290730	.4998731	.0072702	.6669328	.3335753	.9996616
.50 ⁰	.9990789	.0319766	.4998465	.0079968	.6669887	.3336261	.9995905
6.00 ⁰	.9989039	.0348793	.4998173	.0087232	.6670500	.3336819	.9995127
.50 ⁰	.9987138	.0377807	.4997856	.0094495	.6671166	.3337424	.9994281
7.00 ⁰	.9985084	.0406810	.4997513	.0101757	.6671886	.3338079	.9993368
.50 ⁰	.9982879	.0435799	.4997146	.0109016	.6672660	.3338783	.9992387
8.00 ⁰	.9980522	.0464773	.4996753	.0116274	.6673487	.3339535	.9991338
.50 ⁰	.9978014	.0493733	.4996334	.0123530	.6674369	.3340336	.9990222
9.00 ⁰	.9975354	.0522677	.4995890	.0130784	.6675303	.3341186	.9989038
.50 ⁰	.9972543	.0551603	.4995422	.0138036	.6676292	.3342086	.9987787
10.00 ⁰	.9969581	.0580512	.4994927	.0145286	.6677335	.3343034	.9986468
.50 ⁰	.9966468	.0609401	.4994408	.0152533	.6678432	.3344032	.9985082
11.00 ⁰	.9963204	.0638271	.4993863	.0159778	.6679584	.3345079	.9983628
.50 ⁰	.9959789	.0667120	.4993293	.0167020	.6680789	.3346176	.9982107
12.00 ⁰	.9956224	.0695947	.4992698	.0174260	.6682049	.3347322	.9980518
.50 ⁰	.9952508	.0724752	.4992078	.0181496	.6683364	.3348518	.9978862
13.00 ⁰	.9948642	.0753533	.4991432	.0188730	.6684733	.3349763	.9977139
.50 ⁰	.9944626	.0782289	.4990762	.0195961	.6686157	.3351059	.9975348
14.00 ⁰	.9940460	.0811020	.4990066	.0203188	.6687636	.3352405	.9973490
.50 ⁰	.9936144	.0839725	.4989345	.0210412	.6689170	.3353800	.9971564
15.00 ⁰	.9931678	.0868402	.4988599	.0217633	.6690759	.3355246	.9969571
.50 ⁰	.9927063	.0897051	.4987827	.0224850	.6692404	.3356743	.9967511
16.00 ⁰	.9922299	.0925670	.4987031	.0232064	.6694103	.3358290	.9965384
.50 ⁰	.9917386	.0954260	.4986210	.0239273	.6695859	.3359888	.9963190
17.00 ⁰	.9912324	.0892818	.4985363	.0246479	.6697670	.3361537	.9960928
.50 ⁰	.9907113	.1011345	.4984492	.0253681	.6699537	.3363236	.9958399
18.00 ⁰	.9901754	.1039638	.4983596	.0260879	.6701461	.3364987	.9956204
.50 ⁰	.9896247	.1068298	.4982674	.0268072	.6703440	.3366790	.9953741
19.00 ⁰	.9890582	.1096723	.4981728	.0275261	.6705477	.3368643	.9951211
.50 ⁰	.9884789	.1125112	.4980757	.0282446	.6707571	.3370549	.9948614
20.00 ⁰	.9878838	.1153465	.4979761	.0289626	.6709719	.3372507	.9946395
.50 ⁰	.9872741	.1181281	.4978740	.0296801	.6711926	.3374516	.9943220
21.00 ⁰	.9866497	.1210057	.4977694	.0303971	.6714189	.3376578	.9940422
.50 ⁰	.9860106	.1238295	.4976623	.0311137	.6716511	.3378693	.9937558
22.00 ⁰	.9853368	.1266492	.4975528	.0318297	.6718889	.3380360	.9934627
.50 ⁰	.9846885	.1294649	.4974408	.0325453	.6721326	.3383080	.9931629

Tabel III : Hubungan antara θ_s dan $L_s = 1$ dengan x , y , k , p , LT , ST , dan LC
(lanjutan)(tabel $L_s = 1$)

θ_s	x	y	k	p	LT	ST	LC
23.00 ⁰	.9840055	.1322763	.4973263	.0332603	.6723821	.3385353	.9928564
.50 ⁰	.9833060	.1350834	.4972093	.0339747	.6726371	.3387680	.9925433
24.00 ⁰	.9825960	.1378862	.4970899	.0346887	.6728786	.3390060	.9922231
.50 ⁰	.9818595	.1406844	.4969680	.0354029	.6731657	.3392494	.9918775
25.00 ⁰	.9811285	.1434782	.4968436	.0361148	.6734386	.3394982	.9915642
.50 ⁰	.9803731	.1462572	.4967168	.0368270	.6737175	.3397925	.9912240
26.00 ⁰	.9796032	.1490515	.4965875	.0375386	.6740023	.3400122	.9908778
.50 ⁰	.9788191	.1518310	.4964558	.0382496	.6742931	.3402774	.9905248
27.00 ⁰	.9780205	.1546056	.4963216	.0389599	.6745900	.3405481	.9901652
.50 ⁰	.9772077	.1573752	.4961850	.0396697	.6748928	.3408243	.9897989
28.00 ⁰	.9763806	.1601396	.4960460	.0403788	.6752018	.3411061	.9894260
.50 ⁰	.9755393	.1628989	.4959045	.0410872	.6755168	.3413935	.9890465
29.00 ⁰	.9746837	.1656529	.4957605	.0417950	.6758379	.3416866	.9886603
.50 ⁰	.9738140	.1684016	.4956142	.0425021	.6761652	.3419852	.9882676
30.00 ⁰	.9729302	.1711448	.4954654	.0432085	.6764987	.3422896	.9878683
.50 ⁰	.9720323	.1738825	.4953142	.0439142	.6768384	.3425997	.9874624
31.00 ⁰	0.9711203	0.1766145	0.4951605	0.0446192	0.6771844	0.3429155	0.9870498
.50 ⁰	.9701944	.1793409	.4950045	.0453235	.6775366	.3432371	.9866308
32.00 ⁰	.9692544	.1820615	.4948460	.0460270	.6778952	.3435645	.9862051
.50 ⁰	.9683005	.1847761	.4946851	.0467298	.6782601	.3438978	.9857729
33.00 ⁰	.9673327	.1874849	.4945219	.0474319	.6786314	.3442369	.9853341
.50 ⁰	.9663511	.1901875	.4943562	.0481332	.6790091	.3445820	.9848887
34.00 ⁰	.9653557	.1928841	.4941881	.0488337	.6793933	.3449330	.9844368
.50 ⁰	.9643464	.1955744	.4940176	.0495334	.6797839	.3452900	.9839784
35.00 ⁰	.9633235	.1982584	.4938448	.0502324	.6801811	.3456530	.9835134
.50 ⁰	.9622869	.2009361	.4936696	.0509305	.6805849	.3460221	.9830419
36.00 ⁰	.9612366	.2036072	.4934920	.0516278	.6809953	.3463973	.9825638
.50 ⁰	.9601727	.2062718	.4933120	.0523243	.6814123	.3467786	.9820793
37.00 ⁰	.9590953	.2089298	.4931296	.0530199	.6818361	.3471662	.9815882
.50 ⁰	.9580044	.2115811	.4929449	.0537147	.6822665	.3475599	.9810907
38.00 ⁰	.9569000	.2142255	.4927578	.0544086	.6827038	.3479599	.9805866
.50 ⁰	.9557821	.2168631	.4925684	.0551016	.6831479	.3483663	.9800761
39.00 ⁰	.9546510	.2194937	.4923766	.0557938	.6835988	.3487789	.9795591
.50 ⁰	.9535065	.2221173	.4921824	.0564850	.6840567	.3491980	.9790356
40.00 ⁰	.9523487	.2247337	.4919860	.0571754	.6845215	.3496236	.9785056
.50 ⁰	.9511777	.2273429	.4917872	.0578648	.6849933	.3500556	.9779692
41.00 ⁰	.9499935	.2299488	.4915860	.0585533	.6854722	.3504941	.9774263
.50 ⁰	.9487962	.2325394	.4913825	.0592409	.6859582	.3509393	.9768770
42.00 ⁰	.9475858	.2351265	.4911767	.0599275	.6864514	.3513910	.9763213
.50 ⁰	.9463624	.2377061	.4909686	.0606131	.6869517	.3518495	.9757592
43.00 ⁰	.9451260	.2402781	.4907582	.0612978	.6874593	.3523147	.9751906
.50 ⁰	.9438767	.2428423	.4905455	.0619815	.6879742	.3527867	.9746156
44.00 ⁰	.9426145	.2453989	.4903305	.0626643	.6884965	.3532655	.9740342
.50 ⁰	.9413395	.2479475	.4901132	.0633460	.6890262	.3537513	.9734464
45.00 ⁰	.9400517	.2504883	.4898935	.0640267	.6895634	.3542439	.9728523
.50 ⁰	.9387512	.2530211	.4896716	.0647064	.6901081	.3547436	.9722518



Tabel III : Hubungan antara θ_s dan $L_s = 1$ dengan x , y , k , p , LT , ST , dan LC
(lanjutan)(tabel $L_s = 1$)

θ_s	x	y	k	p	LT	ST	LC
46.00 ⁰	.9374381	.2555457	.4894475	.0653850	.6906604	.3552504	.9716449
.50 ⁰	.9361123	.2580623	.4892210	.0660626	.6912204	.3557642	.9710316
47.00 ⁰	.9347740	.2605706	.4889923	.0667392	.6917880	.3562853	.9704120
.50 ⁰	.9334232	.2630706	.4887613	.0674147	.6923635	.3568136	.9697861
48.00 ⁰	.9320600	.2655622	.4885281	.0680891	.6929467	.3573492	.9691538
.50 ⁰	.9306844	.2680454	.4882926	.0687624	.6935379	.3578921	.9685152
49.00 ⁰	.9292965	.2705200	.4880549	.0694346	.6941370	.3584425	.9678704
.50 ⁰	.9278963	.2729861	.4878150	.0701058	.6947442	.3590004	.9672192
50.00 ⁰	.9264839	.2754434	.4875728	.0707758	.6953594	.3595658	.9665617
.50 ⁰	.9250593	.2778920	.4873283	.0714447	.6959828	.3601389	.9658979
51.00 ⁰	.9236227	.2803318	.4870317	.0721124	.6966145	.3607197	.9652279
.50 ⁰	.9221741	.2827627	.4868328	.0727791	.6972544	.3613082	.9645516
52.00 ⁰	.9207134	.2851847	.48663818	.0734445	.6979027	.3619046	.9638690
.50 ⁰	.9192409	.2875976	.48643285	.0741088	.6985595	.3625088	.9631802
53.00 ⁰	.9177565	.2900014	.48620731	.0747720	.6992248	.3631211	.9624852
.50 ⁰	.9162603	.2923960	.48598154	.0754339	.6998987	.3637413	.9617840
54.00 ⁰	.9147524	.2947814	.48575536	.0760946	.7005812	.3643698	.9610765
.50 ⁰	.9132329	.2971574	.48552936	.0767542	.7012725	.3630064	.9603628
55.00 ⁰	.9117017	.2995241	.48530294	.0774125	.7019727	.3656514	.9596430
.50 ⁰	.9101590	.3018813	.4847631	.0780696	.7026818	.3663047	.9589170
56.00 ⁰	.9083049	.3042290	.4844946	.0787255	.7033998	.3669664	.9581848
.50 ⁰	.9070393	.3065670	.4842239	.0793801	.7041270	.3676367	.9574464
57.00 ⁰	.9054624	.3088955	.4839511	.0800335	.7048633	.3683156	.9567019
.50 ⁰	.9038742	.3112142	.4836762	.0806857	.7036089	.3690032	.9559513
58.00 ⁰	.9022748	.3135231	.4833991	.0813365	.7063638	.3696996	.9551945
.50 ⁰	.9006643	.3158221	.4831200	.0819861	.7071282	.3704049	.9544316
59.00 ⁰	.8990426	.3181112	.4828387	.0826344	.7079021	.3711192	.9536626
.50 ⁰	.8974100	.3203904	.4825553	.0832814	.7086856	.3718425	.9528876
60.00 ⁰	.8957664	.3226595	.4822698	.0839270	.7094789	.3725750	.9521064